

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**ESTUDIO DE INTENSIDADES DE LLUVIA
EN LA CUENCA DEL RIO VIRILLA**

Informe final del proyecto de graduación
para optar por el grado de
Licenciado en Ingeniería Civil

Realizado por

Rafael Eduardo Murillo Muñoz

ENERO, 1994

Murillo Muñoz, Rafael Eduardo.

Estudio de Intensidades de Lluvia en la Cuenca del Río Virilla.
Proyecto de Graduación. - Ingeniería Civil, - San José, C.R.:

R. Murillo M., 1 994
176h.: ils.- 58 refs.

RESUMEN

La intensidad de la lluvia es un dato básico para el desarrollo de muchos proyectos en diversas áreas de la ingeniería, pues en muchas oportunidades determinará la magnitud de las obras a realizar. En este trabajo se realizan mapas de intensidad de lluvia para diferentes duraciones y periodos de retorno y se obtienen tormentas típicas con duraciones de hasta 24 horas.

El trabajo se desarrolla en la cuenca del Río Virilla utilizando un periodo homogéneo de estudio comprendido entre los años de 1 970 y 1 990. Se empleó en su desarrollo el sistema de información geográfica IDRISI. Del estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

- Descripción del clima de la cuenca.
- Mapas de precipitación promedio mensual y anual.
- Mapas de precipitación máxima diaria en diferentes periodos de retorno utilizando series máximas anuales y distribución Gumbel.
- Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) en las diferentes estaciones pluviográficas ubicadas en la zona utilizando series parciales.
- Relaciones generalizadas de precipitación-duración-frecuencia (PDF) para la cuenca, con base a series anuales y distribución Gumbel.
- Mapas de precipitación esperada para diferentes periodos de retorno y duraciones de la lluvia empleando relaciones de PDF.
- Mapas de intensidad de lluvia en diferentes periodos de retorno y duraciones de la lluvia.
- Hietogramas característicos de las estaciones pluviográficas.

Los resultados obtenidos permiten una descripción adecuada de la precipitación y los vientos presentes en la cuenca, son información básica para las labores de diseño y análisis de proyectos de ingeniería o multidisciplinarios. Así mismo muestra una metodología para realizar estimaciones hidrológicas con información limitada. R.M.M.

INTENSIDAD DE LLUVIA; PRECIPITACION; DURACION DE LA LLUVIA; RIO VIRILLA; EVENTOS EXTREMOS; HIDROLOGIA; SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA.

Rafael Oreamuno V., Msc.
Escuela de Ingeniería Civil

A quienes siempre
con su ejemplo me han
enseñado a hacer lo
correcto: mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios del I.M.N., I.C.E. y A.y.A. por mostrar tanta paciencia ante mis constantes visitas.

Muchas gracias Ing. Javier Saborio por sus oportunos comentarios acerca del uso de sistemas de información geográfica.

Mi agradecimiento a los miembros del tribunal por sus sugerencias y colaboración.

Marco Jaubert y Sergio Bonilla, muchas gracias por la valiosa colaboración que me brindaron durante la parte final de este trabajo y la mayor parte de mi carrera.

Un especial agradecimiento a Oscar Murillo y Carlos Montoya, pues hicieron posible obtener la mayor parte de la información bibliográfica utilizada en este proyecto.

Infinitas gracias Sulmericcia por estar siempre a mi lado y darme tu apoyo a lo largo de todos estos años.

A quien tome en sus manos este trabajo e intente leerlo, gracias por hacerlo, pero le repito lo que hace algún tiempo Hesse puso en boca de El Lobo Estepario

*Esta noche, a partir de las cuatro, Teatro Mágico
—sólo para locos—.
La entrada cuesta la razón.
No para cualquiera. Armada esta en el infierno.*

Miembros del Tribunal

Director:

Ing. Rafael Oreamuno V.

Asesores:

Lic. Norman Vega G.

Lic. Sadí Laporte M.

Ing. Antonio Sánchez F.

INDICE

CAPITULO I	
GENERALIDADES	1
1.1 JUSTIFICACION	1
1.2 OBJETIVOS GENERALES	2
Objetivos específicos	2
1.3 ANTECEDENTES	2
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	3
CAPITULO II	
CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
2.1 DESCRIPCION DE LA CUENCA	5
2.2 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS	5
2.3 CARACTERISTICAS CLIMATICAS	9
2.3.1 Temperatura	9
2.3.2 Humedad Relativa	10
2.3.3 Brillo Solar	10
2.3.4 Vientos y Precipitación	14
CAPITULO III	
ESTIMACION DE EVENTOS EXTREMOS	17
3.1 SERIE MAXIMA ANUAL Y SERIE PARCIAL	17
3.2 PERIODO DE RETORNO DE UN EVENTO	18
3.3 DISTRIBUCION EXTREMA TIPO I	20
3.4 DISTRIBUCION PEARSON TIPO III	22
3.5 DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III	25
3.6 LIMITES DE CONFIANZA	30
CAPITULO IV	
ESTIMACION DE INTENSIDADES DE LLUVIA	32
4.1 CONCEPTO DE INTENSIDAD	32
4.2 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA (IDF)	33
4.3 RELACIONES DE PRECIPITACION-DURACION FRECUENCIA (PDF)	42

CAPITULO V	
METODOLOGIA Y RESULTADOS	46
5.1 REGION DE ESTUDIO Y PROCESAMIENTO DE DATOS	46
5.2 OBTENCION DE INDICES GEOMORFOMETRICOS	46
5.3 MAPAS DE PRECIPITACION PROMEDIO MENSUALES	46
5.4 MAPAS DE PRECIPITACION MAXIMA DIARIA	47
5.5 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA	48
5.6 RELACIONES DE PRECIPITACION-DURACION-FRECUENCIA	48
5.7 RESULTADOS	50
5.7.1 Variación espacial de las intensidades	52
5.7.2 Ejemplo de cálculo con relaciones PDF	53
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	62
APENDICE A	
RESULTADOS DE PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL	
APENDICE B	
CUADROS DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD	
APENDICE C	
RESULTADOS DE PRECIPITACION MAXIMA DIARIA	
APENDICE D	
RESULTADOS DEL ESTUDIO DE IDF	
APENDICE E	
RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PDF	
APENDICE F	
HIETOGRAMAS CARACTERISTICOS	
APENDICE G	
MAPAS DE INTENSIDAD DE LA LLUVIA	

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°2.1 Indices morfométricos	7
Cuadro N°2.2 Dirección predominante de vientos	14
Cuadro N°3.1 Factores de conversión empíricos entre series anuales máximas y series parciales	19
Cuadro N°3.2 Correspondencia entre periodo de retorno en años para series parciales y series anuales	20
Cuadro N°4.1 Valores máximos de precipitación en el mundo	34
Cuadro N°4.2 Valores de relación entre la precipitación de duración t a precipitación en una hora	43
Cuadro N°4.3 Relación de precipitación de periodo de retorno T , a precipitación esperada en 10 años. Una hora.	44
Cuadro N°5.1 Relaciones de precipitación en el tiempo t a precipitación en 24 horas	50
Cuadro N°5.2 Relaciones de precipitación en el tiempo t a precipitación en una hora	51
Cuadro N°5.3 Relaciones de precipitación de periodo de retorno T en una hora, a precipitación máxima esperada en 10 años, una hora	51

INDICE DE FIGURAS

Figura N°2.1 Mapa de la cuenca	6
Figura N°2.2 Curva hipsométrica	8
Figura N°2.3 Temperatura mínima promedio	11
Figura N°2.4 Temperatura promedio mensual	11
Figura N°2.5 Temperatura máxima promedio	12
Figura N°2.6 Humedad relativa promedio	12
Figura N°2.7 Brillo solar promedio	13
Figura N°3.1 Formas de la distribución Log Pearson Tipo III según Rao ⁽³⁸⁾	27
Figura N°4.1 Curva IDF según Vharson y Alfaro ⁽¹⁹⁾ (San José)	35
Figura N°4.2 Curva IDF según Vharson y Alfaro ⁽¹⁹⁾ (Alajuela)	36
Figura N°4.3 Valores de a, b, c según Chen ⁽⁷⁾	41

SIMBOLOGIA

- a parámetro de las distribuciones Pearson y Log Pearson Tipo III. Coeficiente de la ecuación de intensidad de Chen⁽⁷⁾.
- a_0, a_1, a_2 coeficientes de correlación lineal múltiple.
- α parámetro de la distribución Gumbel. Nivel de significancia.
- AyA Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- b parámetro de las distribuciones Pearson y Log Pearson Tipo III. Parámetro de la ecuación de intensidad de Chen⁽⁷⁾.
- β parámetro de la distribución Gumbel. Nivel de confianza.
- c parámetro de las distribuciones Pearson y Log Pearson Tipo III. Exponente de la ecuación de intensidad de Chen⁽⁷⁾.
- C coeficiente de la ecuación de intensidad de la lluvia.
- $C_{s,i}$ coeficiente de sesgo de la muestra para la variable i.
- d parámetro de ajuste de la ecuación de intensidad de la lluvia.
- δ_E número de Euler, igual a 0,572 157.
- Desv. desviación estándar.
- E dirección Este.
- $\exp(x)$ e^x .
- γ_i coeficiente de sesgo de la variable i.
- i intensidad de la lluvia.
- $i_{t,T}$ intensidad de la lluvia para un periodo de retorno T y una duración t.
- I.C.E. Instituto Costarricense de Electricidad.
- IDF intensidad-duración-frecuencia.
- I.M.N. Instituto Meteorológico Nacional.
- k coeficiente, igual a 1/6 del coeficiente de sesgo de la muestra.

.km kilómetros.
 K variable adimensional de la distribución Log Pearson Tipo III.
 K' evento extremo de la variable K.
 K_T factor de frecuencia.
 λ factor de corrección para $\zeta_{\alpha}(p)$ y $\zeta_{1-\alpha}(p)$.
 L límites de confianza.
 LI límite inferior de confianza.
 LS límite superior de confianza.
 ln(x) logaritmo natural de la variable x.
 log(x) logaritmo base 10 de la variable x.
 m exponente de la ecuación de intensidad de la lluvia. Orden de la tormenta sintética.
 MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería.
 mm milímetros.
 mm/hr milímetros por hora.
 m.s.n.m. metros sobre el nivel del mar.
 μ_i promedio para la población de la variable i.
 μ_1' , μ_2' , μ_3' momentos de origen.
 n tamaño de muestra. Exponente de la ecuación de intensidad de la lluvia. Número total de tormentas sintéticas.
 N frecuencia media esperada de recurrencia del evento extremo.
 NE dirección Noreste.
 O dirección Oeste
 O.M.M. Organización Meteorológica Mundial.
 p probabilidad de ocurrencia de un evento extremo.
 PDF precipitación-duración-frecuencia.

π número Pi.
 P_t^T precipitación para un periodo de retorno T y una duración t.
 $p(x)$ función de densidad de probabilidad de la variable x.
 $P(X \leq x)$ función de probabilidad de la variable X.
 Prom. promedio.
 r coeficiente de correlación lineal múltiple.
 S_o error estándar.
 SE dirección Sureste.
 SENARA Servicio Nacional de Riego y Avenamiento.
 SIG Sistema de Información Geográfica.
 SO dirección Suroeste.
 σ_i desviación estándar de la variable i.
 t duración de la lluvia en minutos.
 T periodo de retorno de un evento extremo.
 T_A periodo de retorno en serie anual máxima de un evento extremo.
 $\Gamma(b)$ función Gamma.
 T_p periodo de retorno en serie parcial de un evento extremo.
 w variable de correlación lineal múltiple.
 w_o valor calculado por correlación lineal múltiple para la variable w.
 x variable.
 \bar{x} promedio para la muestra de la variable x.
 X_T evento extremo de periodo de retorno T.
 X_1, X_2 variables de correlación lineal múltiple.
 y variable tipo Pearson III.
 \bar{y} promedio para la muestra de la variable y.

Y_T evento extremo de periodo de retorno T para la variable y .

Z_p nivel de probabilidad p de la variable normal estándar.

$Z_{1-\alpha}$ valor de la variable normal estándar para el nivel de probabilidad $1-\alpha$.

$\zeta_\alpha(p)$, $\zeta_{1-\alpha}(p)$ proporción estadística.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 JUSTIFICACION

El conocimiento del comportamiento de la lluvia a lo largo de la duración de una tormenta es una información de vital importancia para el desarrollo y análisis de muchos proyectos, ya sean éstos hidráulicos, hidrogeológicos, agrológicos o de conservación de suelos, pues la distribución temporal y la intensidad de la lluvia determinarán en la mayoría de los casos la magnitud del trabajo a realizar.

Así mismo, el comportamiento de las intensidades a través de la duración de la tormenta, modifica en forma apreciable la respuesta de la cuenca tanto en tiempo como en volumen de agua escurrida. Esta situación se torna más crítica en cuencas urbanizadas, como es el caso del Río Virilla, por lo que su conocimiento se convierte en herramienta indispensable para el diseñador y el urbanista.

La cuenca del Río Virilla, dentro de la cual se encuentra una de las zonas más urbanizadas y pobladas de nuestro país, cuenta con una amplia red de estaciones medidoras de precipitación que permiten realizar un estudio de este tipo, el cual permitirá efectuar análisis y diseños más acordes con la realidad.

En Costa Rica, la mayoría de las cuencas, y en particular la del Río Virilla, no cuenta con un estudio de intensidades de lluvia que utilice la misma como unidad de estudio, por lo que se busca

proveerla de esta útil herramienta de análisis y diseño ligándolas a diferentes períodos de retorno y duraciones de lluvia.

1.2 OBJETIVOS GENERALES

- Elaborar mapas de intensidades de lluvia para diferentes duraciones y períodos de retorno.

- Obtener tormentas típicas con duraciones de hasta 24 horas.

Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento de los principales parámetros climáticos, con especial énfasis en la precipitación y los vientos.

- Establecer dentro de la cuenca, zonas con similar régimen climático.

- Elaborar curvas de intensidad-duración-frecuencia para las estaciones medidoras de lluvia equipadas con registro continuo.

- Definir zonas de igual intensidad de lluvia (curvas de isointensidad) para diferentes duraciones y períodos de retorno.

- Desarrollar un método operativo de captura y análisis de la información básica que permita actualizar los mapas en forma periódica y eventualmente cubrir todo el país.

- Definir una metodología de trabajo para incorporar la red de estaciones automáticas del Instituto Costarricense de Electricidad a la medición de intensidades.

1.3 ANTECEDENTES

Actualmente la cuenca del Río Virilla cuenta con datos puntuales referentes a intensidad y curvas de

intensidad-duración-frecuencia (IDF) en algunas de sus estaciones, no existiendo trabajos que utilicen la cuenca como unidad de estudio.

Además se han realizado trabajos que caracterizan las precipitaciones y los vientos pero, siempre referidos a estaciones en particular o a generalizaciones de la climatología para el Valle Central, la cuenca del Grande de Tárcoles o a todo el país. Seguidamente se comentará someramente cuatro de estos trabajos.

El proyecto de graduación del Ing. Ramiro Gamboa⁽¹⁷⁾, presentado en 1969, muestra nomogramas para el cálculo de intensidades a partir de una curva para duración de lluvia de una hora y periodo de retorno de un año con base en un mapa de todo el país. De igual manera, en el proyecto de graduación del Ing. Carlos Vargas⁽¹⁸⁾ presentado en 1953 se generaron curvas IDF para la estación San José utilizando datos para un periodo de 36 años.

El estudio publicado por Protti⁽¹⁹⁾ sobre el sistema fluvial del Río Tárcoles presenta generalidades acerca del comportamiento de los elementos climatológicos y de la red de drenaje de la cuenca del Río Tárcoles. Por último, el informe final de Günther Vharson⁽²⁰⁾ acerca de las intensidades de lluvia en los centros urbanos presenta curvas IDF para seis estaciones en todo el país comprendiendo en el Valle Central únicamente a las estaciones de San José y Aeropuerto Juan Santamaría.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

El trabajo se desarrollará en la cuenca del Río Virilla. En

él, se determinarán tormentas típicas con duraciones de hasta 24 horas y curvas de intensidad-duración-frecuencia para diferentes estaciones medidoras de precipitación; se determinará el comportamiento de la precipitación y los vientos, y se definirán curvas de isointensidad de lluvia con las cuales se elaborarán mapas para diferentes duraciones y periodos de retorno.

El análisis se basará en los registros de la información climatológica realizados en la cuenca desde 1 970 hasta 1 990, pues de esta forma, se abarcará un periodo homogéneo en el que la red de estaciones medidoras es más densa y mejor distribuida.

CAPITULO II

CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 DESCRIPCION DE LA CUENCA

La zona de estudio, ubicada en la vertiente Pacífica, se encuentra delimitada por la confluencia de los ríos Grande y Virilla; su límite Noreste lo traza la Cordillera Central hasta el cerro Cabeza de Vaca, al Sureste el Alto de Ochomogo, cerros de la Carpintera y la Fila Ventolera. Al Sur lo hace el Alto Tablazo y los cerros de Escazú mientras que al Oeste el límite lo traza la divisoria de aguas de los ríos Picagres y Chucás⁽³⁸⁾ (ver Figura N°2.1).

Dentro de la cuenca del Río Virilla se encuentra el desarrollo urbano más importante del país, pues en ella están las ciudades de Alajuela, Heredia y San José, en las cuales se encuentra la mayor concentración de población del país.

2.2 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

En toda cuenca hidrográfica existen una serie de condiciones particulares que influyen en las condiciones de las corrientes de los ríos, estas condiciones de forma son denominadas índices morfométricos, y se utilizan para denotar la medida de las propiedades geométricas de la superficie sólida de un sistema de erosión fluvial.

Para la cuenca en estudio se obtuvieron los parámetros morfométricos que se indican en el Cuadro N°2.1. Los valores de

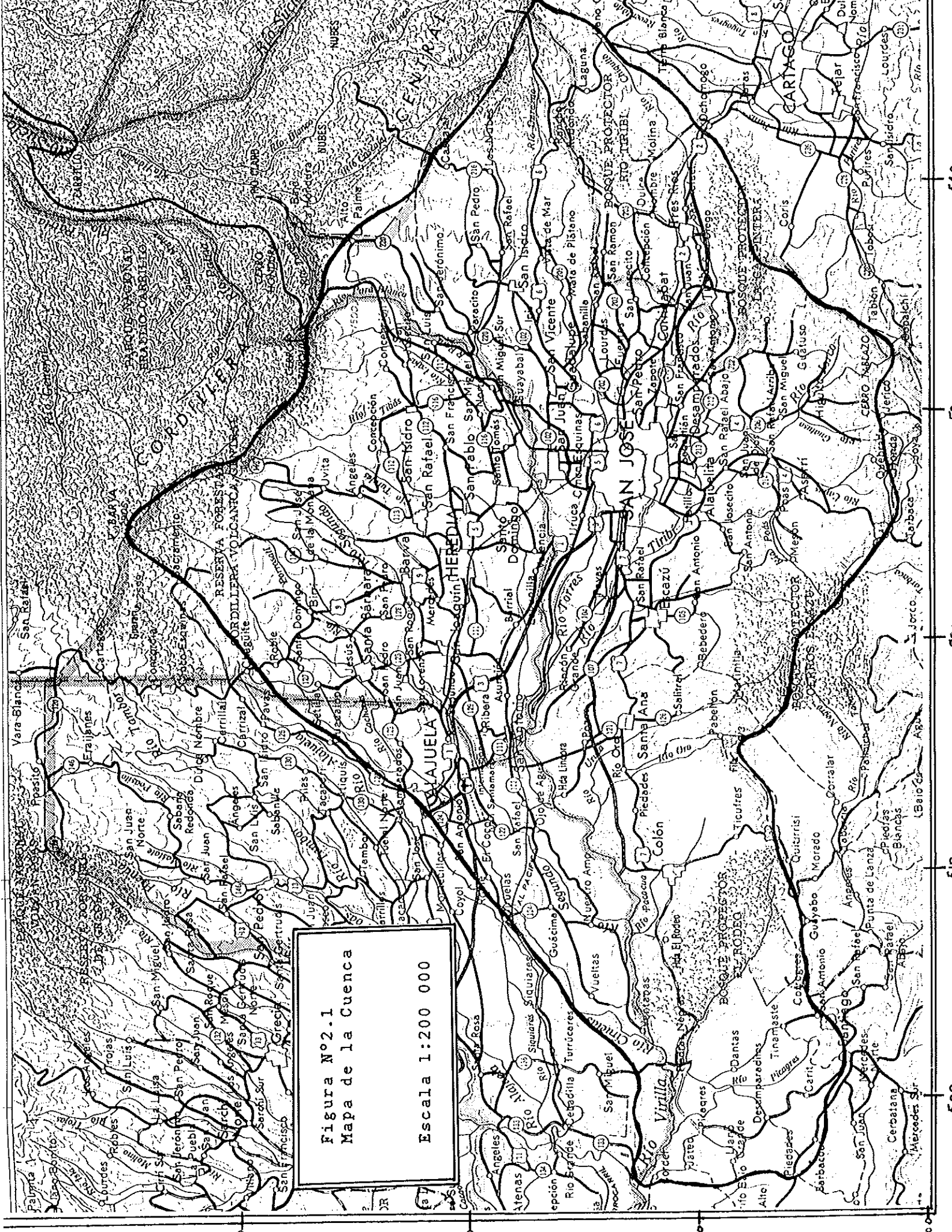


Figura Nº2.1
Mapa de la Cuenca
Escala 1:200 000

500
 510
 520
 530
 540

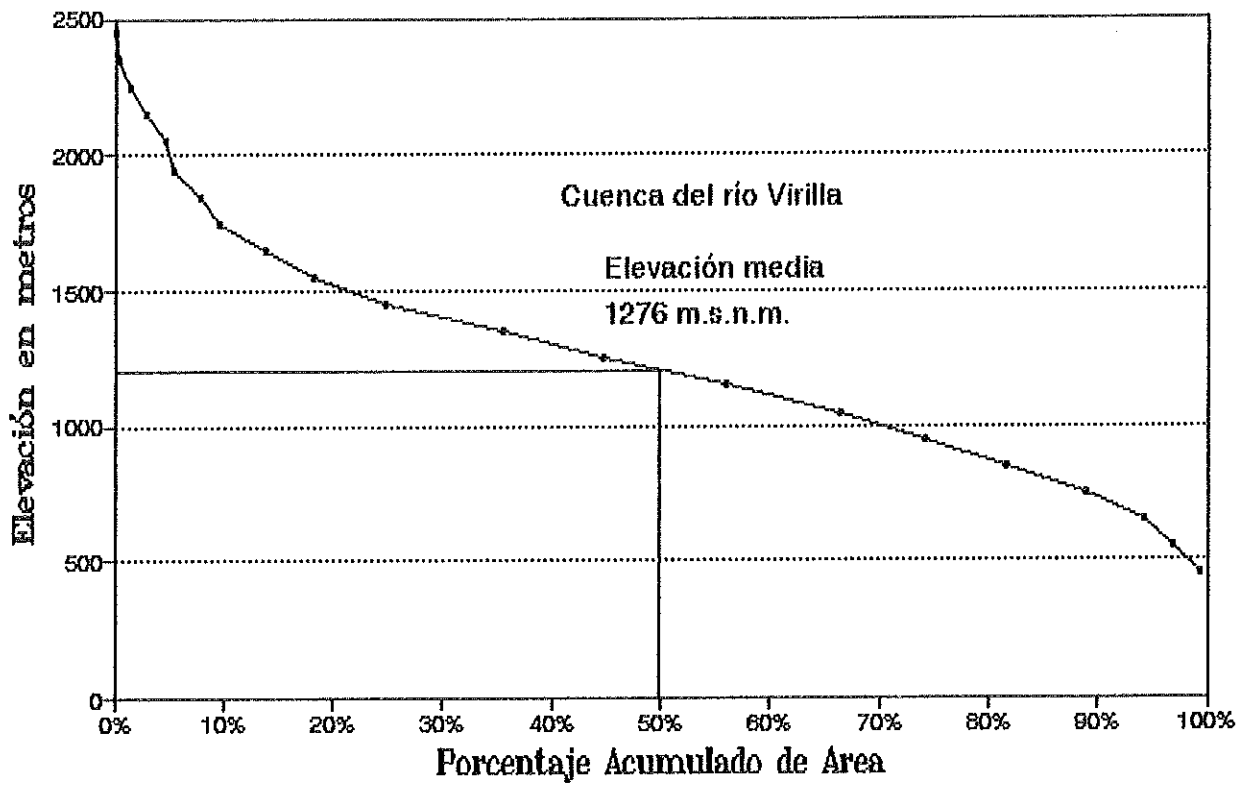
Cuadro N°2.1
Indices morfométricos

Indice	Valor
Area (km ²)	897,28
Perímetro (km)	181,86
Indice de compacidad	1,7
Indice de pendiente	14,9
Densidad de drenaje (m/m ²)	1,5
Elevación media (m.s.n.m.)	1276
Longitud total de cauces (km)	13444,7
Lado mayor, rectángulo equivalente (km)	79,665
Lado menor, rectángulo equivalente (km)	11,263
Longitud del cauce principal (km)	60,7
Pendiente media del cauce (%)	3,38
Número de orden del cauce principal	4

Fuente: el autor y Referencia 37.

Área y perímetro fueron obtenidos mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG); en él se definió un área de estudio comprendida entre las coordenadas (481 000, 183 000) y (565 000, 243 000) de la proyección Costa Rica Lambert Norte, escogiéndose una cuadrícula de 250 metros de lado para obtener así 240 renglones y 336 columnas. El mapa básico utilizado en la obtención de las diferentes características para cada cuadro, fue el denominado San José escala 1:200 000, editado por el Instituto Geográfico Nacional. Por otra parte, la longitud de ríos y número de orden fueron obtenidos de Protti⁽³⁷⁾. La Figura N°2.2 muestra la curva

FIGURA No 2.2
CURVA HIPSOMETRICA



hipsométrica para la cuenca del Río Virilla.

Los valores obtenidos para los diferentes índices muestran que la cuenca del Río Virilla difícilmente puede ser cubierta en su totalidad por un evento de precipitación debido a su forma alargada. Su alto valor de densidad de drenaje indica que está conformada por suelos fácilmente erosionables y es una cuenca con velocidad de respuesta media a alta como lo indica la pendiente media del río.

Por su parte, el Río Virilla puede ser clasificado como un río maduro en donde se presentan influencias tanto de montaña como de planicie por lo que en su cauce se pueden encontrar tanto tramos rectos como curvos y estar compuesto por gravas, cantos rodados y arenas.

2.3 CARACTERISTICAS CLIMATICAS

El clima es el conjunto de características atmosféricas que identifican una zona y la distinguen de otra; en este apartado se describen algunos parámetros de la zona tales como brillo solar, temperatura, humedad relativa, vientos y precipitación.

2.3.1 Temperatura

La cuenca presenta variaciones amplias de este parámetro, en donde las temperaturas mínimas se dan en las regiones montañosas de la Cordillera Central, mientras que las máximas en las partes bajas como por ejemplo en La Garita de Alajuela y Santa Ana.

En general, para las temperaturas mínimas, medias y máximas se

presenta un aumento en los valores promedio mensuales de acuerdo a la disminución de la elevación como se puede apreciar en las Figuras N°2.3 a 2.5.

2.3.2 Humedad Relativa

Presenta en general una variación de acuerdo con la temperatura. Se puede señalar a partir de las estaciones analizadas, que las estaciones de Sabanilla y San José entre diciembre a abril (ver Figura N°2.6) se ven afectadas por la entrada de humedad proveniente del Caribe a través del Paso de La Palma, por lo que la humedad relativa se mantiene con muy poca variación (entre 77 y 87%) a lo largo del año; mientras que en la estación A. J. Santamaría, más influenciadas por el régimen Pacífico la variación a través de los meses es de aproximadamente 20% con mínimos en el periodo de diciembre a abril.

2.3.3 Brillo Solar

Las Figura N°2.7 muestra como el brillo solar presenta una variación estacional bien definida, los máximos ocurren en época seca (diciembre a abril) y los mínimos en la época lluviosa (mayo a noviembre). Las estaciones de San José y Sabanilla al igual que en la humedad relativa, durante la época seca se ve afectada por la nubosidad proveniente del Caribe, por lo que las variaciones estacionales en sus promedios son mucho menores en comparación con la marcada diferencia entre las dos épocas que muestran los registros de la estación A. J. Santamaría, pues ésta se ve afectada

FIGURA No 2.3
TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO

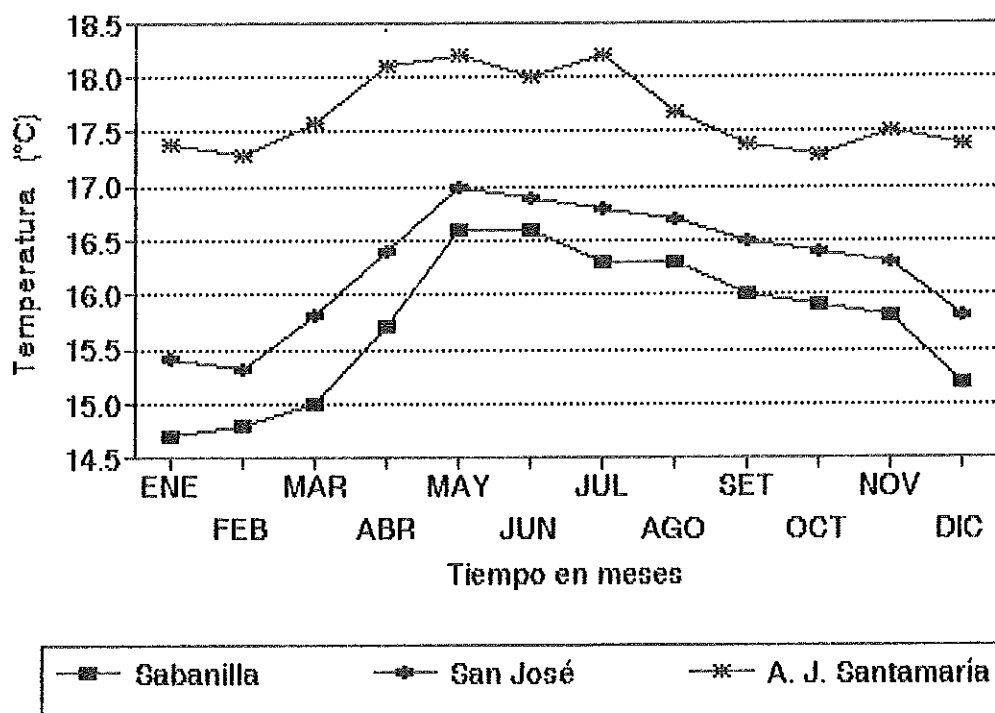


FIGURA No 2.4
TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL

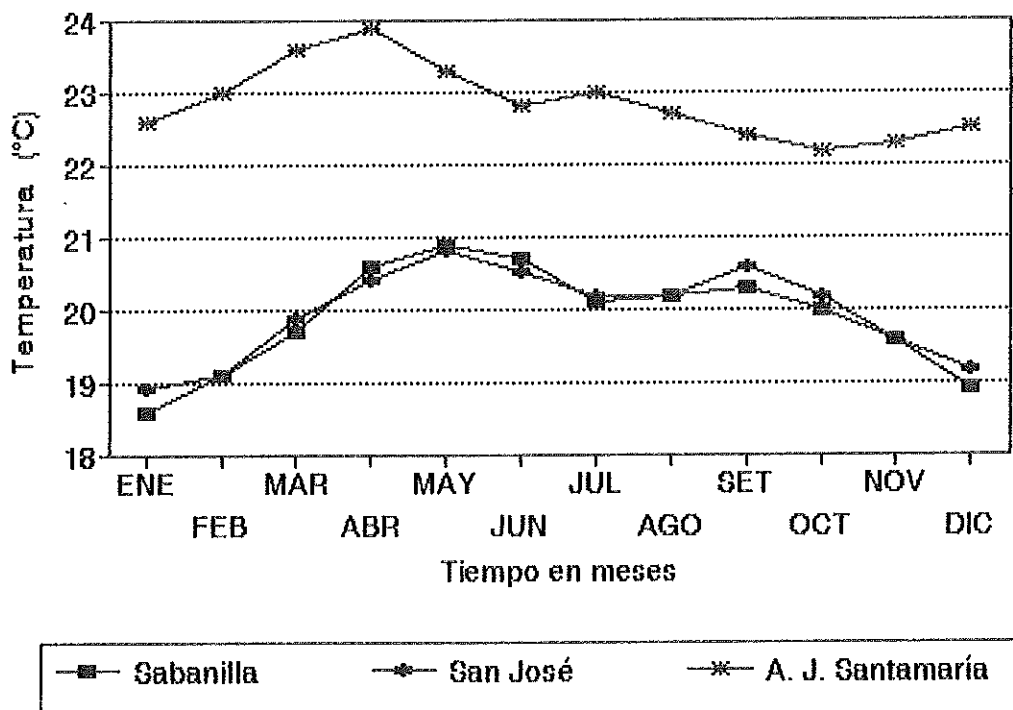


FIGURA No 2.5
TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO

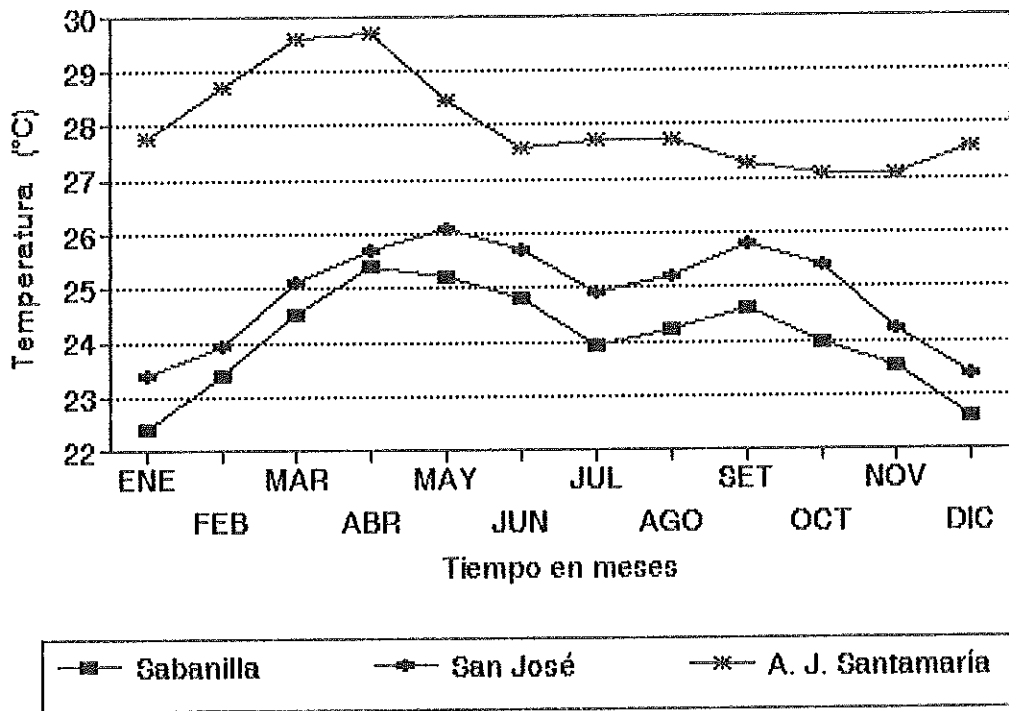


FIGURA No 2.6
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO

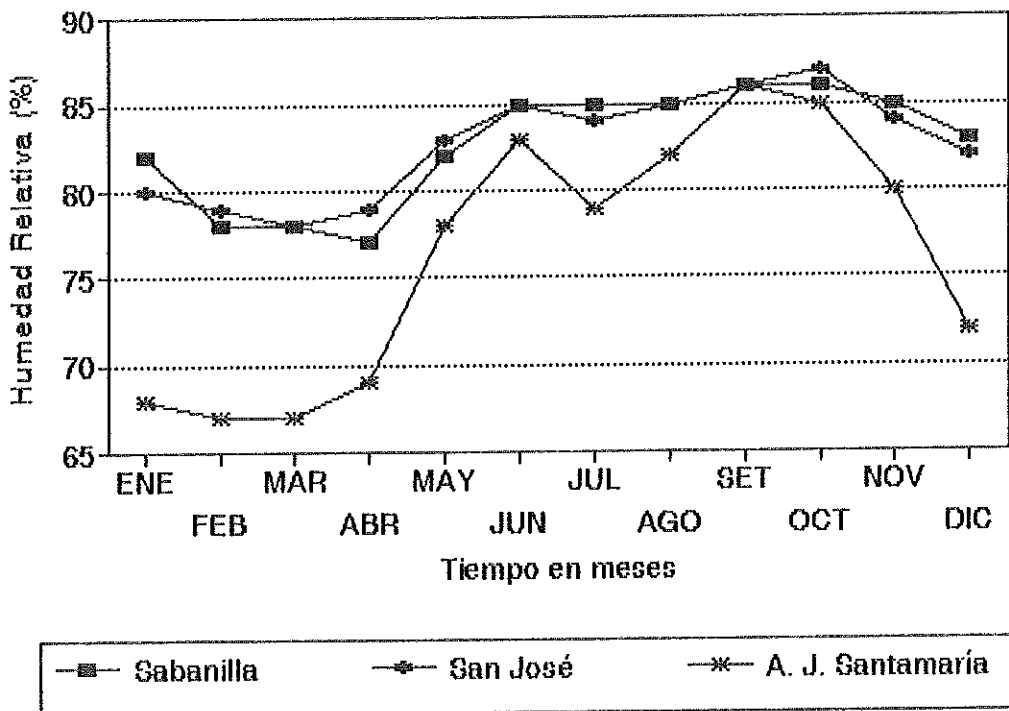
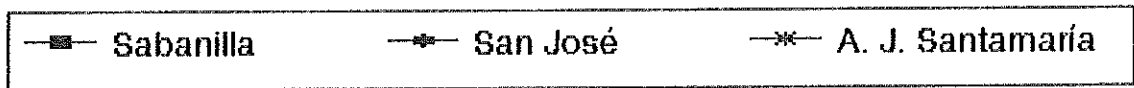
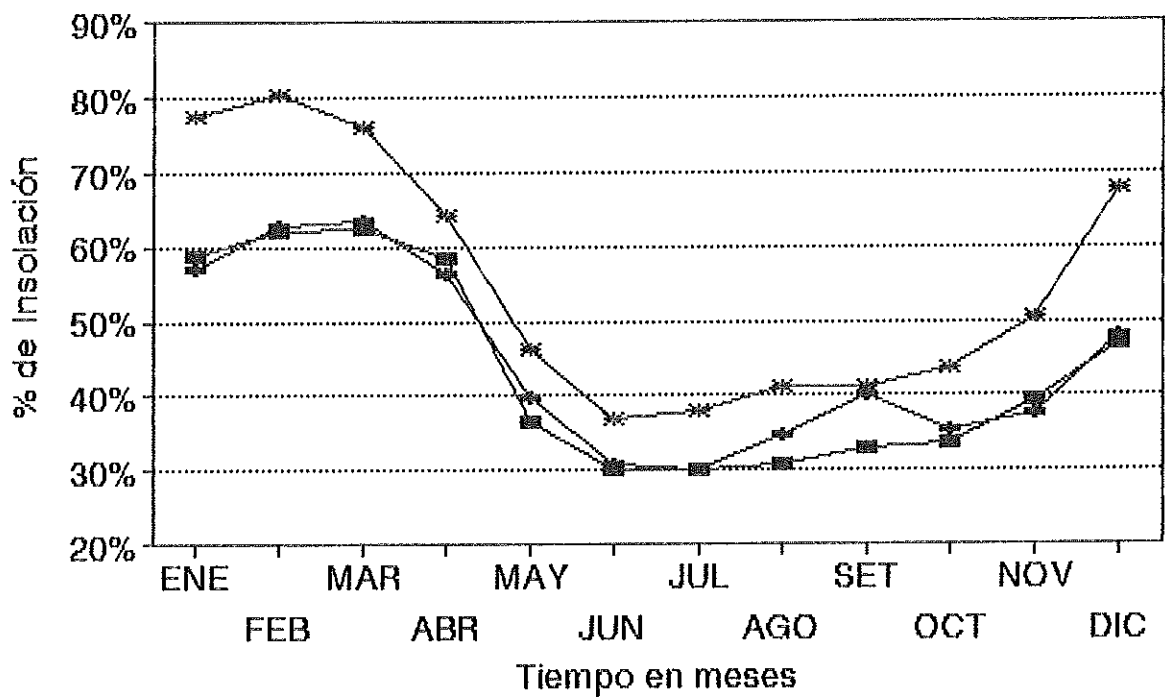


FIGURA No 2.7
BRILLO SOLAR PROMEDIO



únicamente por la entrada de vientos provenientes del océano Pacífico.

2.3.4 Vientos y Precipitación

La descripción del comportamiento de los vientos y la precipitación, que a continuación se presenta, es la interpretación de los mapas de precipitación promedio mensuales que se muestran en el Apéndice A y del Cuadro N°2.2, en el que se indica las direcciones predominantes del viento en algunas estaciones de la cuenca.

Cuadro N°2.2
Dirección predominante de vientos

	Sabanilla	San José	Aeropuerto J. Santamaría	Fabio Baudrit
Enero	NE	NE	E	E
Febrero	NE	NE	E	E
Marzo	NE	NE	SE	E
Abril	NE	NE	SE	E
Mayo	NE	NE	SE	NE
Junio	NE	NE	O	SO
Julio	NE	NE	O-SO	NE
Agosto	NE	NE	O	NE
Setiembre	NE	NE	O	SO
Octubre	NE	NE	O-SO	SO
Noviembre	NE	NE	SE	NE
Diciembre	NE	NE	SE-E	E

Fuente: Referencias 30, 37 y 56.

En la época seca, comprendida entre diciembre y abril, se tiene que los vientos penetran a la cuenca a través de los pasos Desengaño, La Palma, Tablazo y el Alto de Ochomogo. Estos vientos son los alisios y contienen generalmente humedad proveniente del Caribe; su presencia durante esta época, provoca que en la mayor parte de la cuenca se presenten vientos con componente Noreste.

Durante la época lluviosa (mayo a noviembre), se registra un flujo del Pacífico que penetra en la cuenca a través del cañón del Grande de Tárcoles; este flujo se suma a los ya mencionados del Caribe, lo que viene a modificar el comportamiento del viento con componente Noreste prevaleciente en la época seca.

Los vientos con humedad proveniente del Pacífico llegan a la cuenca a través del cañón del Tárcoles como se mencionó, descargan por orografía parte de su humedad en la Cordillera Central, éstas descargas afectan a la parte Norte de la cuenca hasta una zona que se estima es cercana al paso de La Palma pero que varía constantemente de posición. Este flujo Pacífico enfrenta además a los cerros de Turrubares y Escazú en donde descarga también parte de su humedad; este efecto orográfico provoca una sombra de lluvia que afecta a las partes bajas de la cuenca que se encuentran a sotavento de éste flujo y que se localizan alrededor de los mencionados cerros. Adicionalmente esta combinación de factores puede explicar el por qué existe una amplia zona de la cuenca cuya precipitación promedio anual es inferior a 1 800 mm.

Cuando el flujo Pacífico se encuentra con los alisios que

penetran por el paso de La Palma, se produce un frente de brisa, lo que da como resultado precipitaciones importantes como lo indican las isoyetas en un sentido Noroeste-Sureste. La ubicación de este frente de brisa depende de la intensidad de los flujos ya mencionados y de la época del año. En ocasiones puede estimarse que también se produce en la zona ubicada entre Tres Ríos y Rancho Redondo, tal comportamiento puede observarse bien en el mapa correspondiente al mes de setiembre que se encuentra en el Apéndice A. Por su parte, los vientos que penetran a través del Tablazo descargan por orografía en la parte Sur de los cerros de la Carpintera y la Fila Ventolera y pasan al Sur de la Loma Salitral donde se registra el mínimo de precipitación que se presenta al Este de los cerros de Escazú.

CAPITULO III

ESTIMACION DE EVENTOS EXTREMOS

Para el cálculo de eventos extremos se utilizan dos tipos de series de registro denominadas series parciales y series anuales respectivamente. Por otra parte, existen diversas distribuciones extremas para la cuantificación de los valores. Entre las más utilizadas están la distribución normal, log normal, Pearson Tipo III, log Pearson Tipo III y Gumbel o Tipo I. En este capítulo se hace revisión de los tipos de series empleadas así como de las tres últimas distribuciones anteriormente mencionadas.

3.1 SERIE MAXIMA ANUAL Y SERIE PARCIAL

Una serie en análisis estadístico se denomina a una secuencia conveniente de datos; en hidrología, la serie máxima anual se entiende como la serie que contiene el evento asociado con la mayor magnitud ocurrida en cada año durante el periodo de registro analizado⁽³⁸⁾. Por su parte, la serie parcial es aquella que contiene todos los eventos mayores o iguales que algún valor arbitrario preestablecido⁽³⁸⁾, generalmente este valor se toma como el menor valor de la serie máxima anual⁽¹¹⁾.

La diferencia entre ambas series radica en que la máxima anual indica la probabilidad de que el evento estimado sea un máximo anual, mientras que la serie parcial da la probabilidad de que el evento ocurra, indiferentemente de que sea o no el máximo del año.

La serie máxima anual es la que mayormente se utiliza debido a dos razones: los datos necesarios para su utilización son

fácilmente obtenidos y, existe una base teórica para la extrapolación más allá del intervalo de observación utilizado. La crítica más fuerte que se le hace a este método es que cada año viene representado únicamente por un valor, a pesar de que en un mismo año puedan existir uno o más valores mayores que el máximo anual de cualquier otro año⁽³⁶⁾.

En la estimación de eventos de periodo de retorno bajo utilizando registros cortos, la serie parcial tienen mayor aceptación, a pesar de que no son aplicables las distribuciones extremas debido a la falta de independencia entre los eventos, los cuales pudieran seguirse uno a otro con proximidad excesiva⁽³⁶⁾. En este tipo de análisis, la magnitud del evento y su periodo de retorno son dibujados en papel semi logarítmico o doble logarítmico obteniéndose luego la curva de mejor ajuste.

El Cuadro N°3.1 muestra los factores empíricos utilizados para la conversión de resultados obtenidos con series máximas anuales a resultados de series parciales.

Se ha de señalar que para periodos de retorno mayores de diez años no existe diferencia en la utilización de cualquiera de los dos tipos de serie.

3.2 PERIODO DE RETORNO DE UN EVENTO

El periodo de retorno de un evento dado, es el número de años que transcurren en promedio para que dicho evento sea igualado o excedido; recíprocamente, el evento cuya recurrencia puede ser esperada, en promedio, una vez cada N años, es el evento de periodo

Cuadro N°3.1
Factores de conversión empíricos entre series anuales máximas y series parciales.

Periodo de retorno (años)	Factor
2	1,13
5	1,04
10	1,01
20	1,00

Fuente: Referencia 11.

de retorno T y se denota como X_T .

Estos dos conceptos no significan que un acontecimiento de una magnitud dada ocurrirá invariablemente o en forma aproximadamente regular a intervalos de N años; se refieren a una frecuencia media de ocurrencia esperada del acontecimiento sobre un largo periodo de años.

Existe una correspondencia establecida⁽⁷⁾ entre periodo de retorno para series parciales y series máximas anuales, esta relación esta dada por la ecuación

$$\ln\left(\frac{T_A}{T_A-1}\right) = \frac{1}{T_P} \quad (1)$$

en donde T_A es el periodo de retorno para serie anual máxima y T_P el correspondiente para serie parcial. El Cuadro N°3.2 muestra la aplicación de la ecuación anterior para algunos valores de periodo de retorno. Nuevamente, para periodos de retorno mayores de diez años la diferencia entre los tipos de serie no tiene relevancia. Existe además una relación inversa entre periodo de retorno y

Cuadro N°3.2
Correspondencia entre periodo de retorno
en años para series anuales y parciales.

Serie Parcial	Serie Anual
0,50	1,16
1,00	1,58
1,45	2,00
2,00	2,54
5,00	5,52
10,00	10,50

Fuente: Referencia 35.

probabilidad p de ocurrencia de un evento, matemáticamente esta se expresa como

$$T = \frac{1}{p} \quad (2)$$

3.3 DISTRIBUCION EXTREMA TIPO I

La distribución extrema Tipo I o también conocida como distribución Gumbel, se basa en una escala de probabilidad doble exponencial sobre la cual al dibujar los datos, se obtiene aproximadamente una línea recta, con lo que se puede estimar la línea de mejor ajuste. Para éstos efectos, el procedimiento de ajuste depende de la fórmula de probabilidad empleada; la literatura menciona⁽³²⁾ que Gumbel empleó la regla de probabilidad de Weibull, pero que en la actualidad se ha demostrado que la distribución extrema Tipo I no sigue dicha regla, y que además,

tiene un coeficiente de sesgo constante igual a $\gamma = 1,1396$.

La distribución Gumbel es especialmente atractiva cuando el tamaño de la muestra "n" es pequeño, pues utiliza solamente dos parámetros que pueden ser derivados de los datos con facilidad. Se basa en la función de distribución de probabilidad dada por la expresión

$$P(X \leq x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-\beta)]\} \quad (3)$$

en donde α y β son los parámetros de la función. Esta expresión indica cual es la probabilidad de que un evento X cualquiera sea menor o igual a otro de magnitud x. Los parámetros de la función pueden ser obtenidos mediante las relaciones

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \frac{1}{\sigma_x} \quad (4)$$

$$\bar{x} = \beta + 0,45005\sigma_x \quad (5)$$

en donde

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (7)$$

Una forma de la ecuación (3) y de mayor aplicación es la siguiente:

$$X_T = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \left(\frac{T_A}{T_A - 1} \right) \right] \quad (8)$$

en la que se obtiene directamente el valor extremo X_T esperado para el periodo de retorno T_A de interés.

Sin embargo, en hidrología es poco frecuente el uso de la función de distribución de probabilidad, por lo que se recurre al uso de un factor de frecuencia K_T para la estimación de los eventos extremos, éstos vienen a ser dados por la expresión

$$X_T = \bar{X} + K_T \sigma_x \quad (9)$$

Gumbel desarrolló las relaciones para el cálculo del factor de frecuencia⁽³²⁾ y actualmente se obtiene como

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ -\ln \left[-\ln \left(\frac{T_A - 1}{T_A} \right) \right] - \delta_E \right\} \quad (10)$$

donde δ_E es el número de Euler e igual a 0,572 157; el Cuadro N°1 del Apéndice B muestra algunos valores de K_T para diferentes periodos de retorno y tamaños de muestra.

3.4 DISTRIBUCION PEARSON TIPO III

La distribución Pearson Tipo III o de tres parámetros es otra de la distribuciones utilizadas en ingeniería. En ella, la función de distribución de probabilidad de los logaritmos de los valores reales esta dada por la ecuación (11), en la que "y" es una variable Pearson Tipo III cuyo valor esta dado generalmente por la expresión⁽³³⁾ (12).

$$P(y) = \frac{|a|}{\Gamma(b)} \int_0^x [a(y-c)]^{b-1} \exp[-a(y-c)] dy \quad (11)$$

$$y = \log(x) \quad (12)$$

Los coeficientes a , b y c son los tres parámetros de la función y se tiene que si $a > 0$, entonces la distribución Pearson es sesgada positivamente con $c \leq y < \infty$. Cuando $a < 0$, la distribución es sesgada negativamente por lo que $-\infty < y \leq c$.

Los valores de a , b y c de acuerdo con los parámetros estadísticos se pueden obtener como

$$\mu_y = c + \frac{b}{a} \quad (13)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{b}{a^2} \quad (14)$$

$$\gamma_y = \frac{a}{|a|} \frac{2}{\sqrt{b}} \quad (15)$$

que representan respectivamente el promedio, la varianza y el coeficiente de sesgo de la población.

Al igual que en la distribución Gumbel, es costumbre utilizar un factor de frecuencia para la distribución Pearson, con lo que la

ecuación (9) se transforma en

$$Y_T = \mu_Y + K_T \sigma_Y \quad (16)$$

en donde el valor X_T esta dado por

$$X_T = 10^{(Y_T)} \quad (17)$$

Para el cálculo del factor de frecuencia se han propuesto varias fórmulas; Stedinger⁽⁴⁷⁾ menciona la fórmula propuesta por Hilferty y Wilson en la que se tiene

$$K_T = \frac{2}{\gamma} \left(\left[\frac{\gamma}{6} \left(Z_p - \frac{\gamma}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1 \right) \quad (18)$$

válida cuando $-1 \leq \gamma \leq 1$.

Por su parte, Chow⁽⁸⁾ presenta la expresión

$$K_T = Z_p + (Z_p^2 - 1)k + \frac{1}{3} (Z_p^3 - 6Z_p)k^2 - (Z_p^2 - 1)k^3 + Z_p k^4 + \frac{1}{3}k^5 \quad (19)$$

en donde el valor de k es un sexto del coeficiente de sesgo de la muestra. En ambos casos, el valor de Z_p corresponde al valor de la variable normal estándar correspondiente al nivel de probabilidad deseado y que por ejemplo, para un periodo de retorno de 100 años con probabilidad de ocurrencia de 1%, tiene un valor de $Z_p = 2,327$. En el Cuadro N°2 del Apéndice B se muestran algunos valores de K_T con base en el coeficiente de sesgo y el periodo de retorno de interés, y en Cuadro N°3 se encuentran los valores de la variable normal estándar.

Para el cálculo del coeficiente de sesgo de la muestra se pueden emplear cualquiera de las dos expresiones siguientes:

$$C_s = n \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2)\sigma_y^3} \quad (20)$$

$$C_s = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n y_i^3 - 3n \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n y_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n y_i^3}{n(n-1)(n-2)\sigma_y^2} \quad (21)$$

3.5 DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III

La distribución Log Pearson Tipo III fue desarrollada en el año 1975. Consiste en una variación de la distribución Pearson y se diferencia de ella básicamente en que se trabaja directamente con los valores reales, su función de densidad de probabilidad se expresa como

$$p(x) = \frac{|a|}{\Gamma(b)} \frac{\exp(ac)}{x^{1+a}} [a(\ln(x-c))]^{b-1} \quad (22)$$

En ella, al igual que en la distribución Pearson Tipo III, si $a > 0$ la distribución es sesgada positivamente con $e^a \leq x < +\infty$ y si $a < 0$ lo será negativamente con $-\infty < x \leq e^a$. Cuando $x=0$ por definición $p(x)$ es igual a cero.

Los parámetros a y b , denominados parámetros de escala y forma respectivamente, gobiernan la geometría de la distribución Log Pearson. Debido a esto, se conocen cuatro formas de ella, las

cuales se denominan como J, J inversa, de campana y forma U. Las combinaciones de valores que producen cada una de éstas formas son las siguientes:

CLASE A. $a > 0$

$0 < b \leq 1$ forma J inversa
 $b > 1$ forma de campana

CLASE B. $a < 0$

Con $-1 < a < 0$

$0 < b \leq 1$ forma U
 $b > 1$ forma J inversa

Con $a < -1$

$0 < b \leq 1$ forma J
 $b > 1$ forma de campana

Cuando la forma de la función es U, J o J inversa, Rao⁽³⁰⁾ no recomienda la utilización de esta distribución para estimaciones hidrológicas.

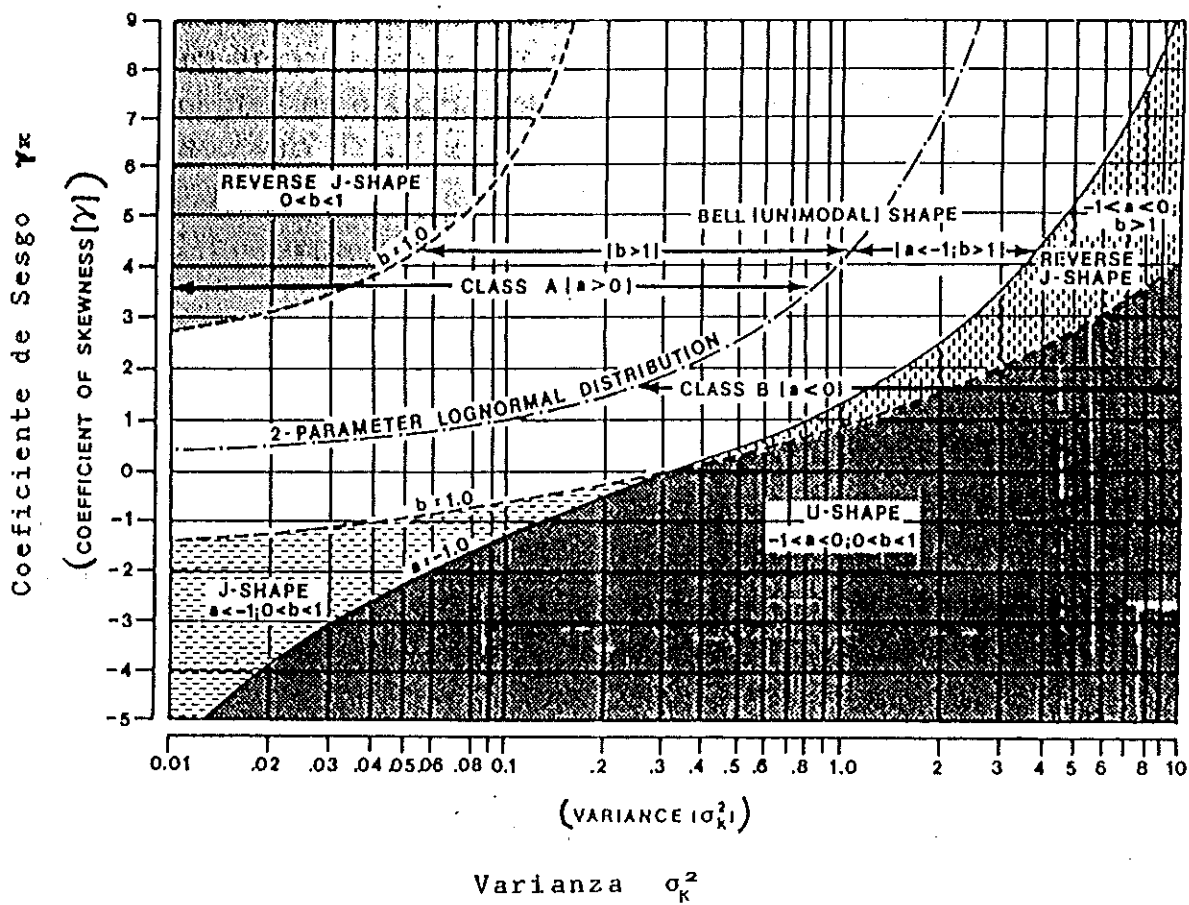
Para la estimación de los valores extremos se utiliza una variable adimensional definida por

$$K_1 = \frac{x_1}{\bar{x}} \quad (23)$$

la cual tiene un promedio unitario para toda la población, y mediante la cual se puede verificar la forma de la función de densidad de probabilidad a través de la Figura N°3.1. El procedimiento en la estimación de los valores extremos puede resumirse de la siguiente manera:

- A. Se obtiene el promedio de los valores reales y el de sus logaritmos.
- B. Se calcula los valores de K_1 mediante la ecuación (23).

Figura N°3.1
 Formas de la distribución Log Pearson Tipo III según Rao (1969)



- C. La varianza de la variable K se calcula con la ecuación (6) y su coeficiente de sesgo C_{sk} mediante la expresión (20) o (21), para ambos casos se sustituye K por la variable x o y.
- D. Con μ_y igual al promedio de los logaritmos y $(\sigma_K)^2$, se obtiene el valor de γ_K en el Cuadro N°4 del Apéndice B.
- E. Se verifique la forma de la función con la Figura N°3.1.
- F. El valor de K' se obtiene con $\gamma_x = \gamma_K$ y $(\sigma_x)^2 = (\sigma_K)^2$ en el Cuadro N°5 del Apéndice B.
- G. El valor del evento extremo se obtiene como

$$X_p = \bar{X} K' \quad (24)$$

Un procedimiento alternativo para el cálculo de los valores y fácilmente programable es el siguiente:

- A. Con $\mu_x = 1$, $(\sigma_x)^2 = (\sigma_K)^2$, y $\gamma_x = C_{sk}$ se obtienen los valores para los momentos de origen dados por

$$\mu'_1 = \mu_x \quad (25)$$

$$\mu'_2 = (\mu_x)^2 + (\sigma_x)^2 \quad (26)$$

$$\mu'_3 = (\mu_x)^3 + 3\mu_x(\sigma_x)^2 + (\sigma_x)^3\gamma_x \quad (27)$$

- B. Con ellos y empleando un método numérico, se da solución a la expresión (28) de la cual se obtiene el parámetro a.

$$\frac{\ln\left[\frac{(1-\frac{1}{a})^3}{(1-\frac{3}{a})}\right]}{\ln\left[\frac{(1-\frac{1}{a})^2}{(1-\frac{2}{a})}\right]} = \frac{\ln(\mu'_2) - 3\ln(\mu'_1)}{\ln(\mu'_2) - 2\ln(\mu'_1)} \quad (28)$$

C. Luego, se obtiene los valores de b y c mediante el uso de la ecuaciones

$$b = \frac{\ln(\mu'_2) - \ln(\mu'_1)}{\ln\left[\frac{(1-\frac{1}{a})^2}{(1-\frac{2}{a})}\right]} \quad (29)$$

$$c = \ln(\mu'_1) + b \ln\left(1 - \frac{1}{a}\right) \quad (30)$$

D. Se calculan los valores del promedio, varianza y coeficiente de sesgo de la población dados por la ecuaciones (13) a (15).

E. La ecuación (16) dará el valor de Y_T con lo cual

$$K' = \exp(Y_T) \quad (31)$$

F. El valor de X_T se calcula en forma idéntica que en el anterior procedimiento mediante el empleo de la ecuación (24).

3.6 LIMITES DE CONFIANZA

Los límites de confianza para las estimaciones realizadas con las distribuciones extremas pueden ser calculados a partir del error estándar S_e . Para la distribución Gumbel éste se expresa como

$$S_e = \sqrt{\frac{1}{n} (1 + 1,1396K_T + 1,10K_T^2)} \sigma_x \quad (32)$$

Entonces los límites quedan definidos por

$$L = X_T \pm S_e Z_{1-\alpha} \quad (33)$$

donde $Z_{1-\alpha}$ es el valor de la variable normal estándar para el nivel de significancia α dado por

$$\alpha = \frac{1-\beta}{2} \quad (34)$$

donde β es el nivel de confianza deseado; de esto se tiene que para un intervalo de confianza del 90% el valor de $Z_{1-\alpha}$ es de 1,645.

El Water Resources Council⁽⁴⁷⁾ recomienda una manera de construir los límites de confianza para la distribución Pearson Tipo III. Estos estarán definidos por la expresión

$$L = \bar{y} + \sigma \left[\frac{K_T \pm Z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{K_T^2}{2(n-1)} - \frac{Z_{1-\alpha}^2}{2n(n-1)}}}{1 - \frac{Z_{1-\alpha}^2}{2(n-1)}} \right] \quad (35)$$

para el valor de Y_T dado por la ecuación (16).

Sin embargo, Stedinger⁽⁴⁷⁾ menciona que ésta manera de construir los límites de confianza no tiene fundamento teórico excepto cuando $\gamma=0$, pues el factor de frecuencia coincide con la variable normal estándar⁽⁴⁸⁾. Debido a esto, propone los siguientes límites

$$LI = \bar{y} + \sigma_x [K_T + \lambda (\zeta_\alpha(p) - Z_p)] \quad (36)$$

$$LS = \bar{y} + \sigma_x [K_T + \lambda (\zeta_{1-\alpha}(p) - Z_p)] \quad (37)$$

en las que el valor de $\zeta_\alpha(p)$ para varios periodos de retorno se obtiene de los Cuadros N°6 a 9 del Apéndice B. Por su parte, el coeficiente λ se calcula mediante la expresión

$$\lambda = \sqrt{\frac{1 + \gamma_y K_T + \frac{1}{2} (1 + \frac{3}{4} \gamma_y^2) K_T^2}{1 + \frac{1}{2} Z_p^2}} \quad (38)$$

la cual está basada en la ecuación (18) y en la que es necesario conocer el coeficiente de sesgo de la variable "y".

CAPITULO IV

ESTIMACION DE INTENSIDADES DE LLUVIA

En la estimación de eventos extremos de intensidades existen dos metodologías y varias formulaciones dentro de cada una de ellas. La primera metodología se basa en la elaboración de curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) en la que se relaciona directamente la intensidad de la lluvia, el periodo de retorno y la duración en que la intensidad se presenta.

En la segunda, se establece relaciones de precipitación-duración-frecuencia (PDF) y en donde se relaciona la altura de precipitación con el periodo de retorno y la duración.

En ambos casos, la selección del periodo de retorno está determinado fundamentalmente por condiciones de riesgo, economía y tipo de trabajo a realizar; por su parte la duración se relaciona con el tiempo de respuesta de la cuenca analizada. Las intensidades de lluvia ocurridas en tiempos menores de dos horas, tienen mucha aplicabilidad, pues numerosos métodos de análisis y diseño en distintas ramas de la ingeniería se basan en ellas.

4.1 CONCEPTO DE INTENSIDAD

La intensidad i de la precipitación es un concepto abstracto, se define como el cociente entre la precipitación acumulada en un intervalo de tiempo y la duración del intervalo de tiempo. Se expresa en unidades de longitud entre tiempo, por convención se ha adoptado en el sistema métrico los milímetros por hora (mm/hr). Una forma de interpretar la intensidad de la lluvia es como la

pendiente de la gráfica dibujada por el pluviógrafo. El Cuadro N°4.1 muestra los valores máximos reportados en el mundo⁽³³⁾.

4.2 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA (IDF)

Para la elaboración de las curvas IDF, es necesario contar con al menos un pluviógrafo diario en el área de interés, y es por esto que son muy utilizadas para describir puntualmente o en áreas muy pequeñas, la intensidad de la lluvia. Estas curvas pueden ser obtenidas por varios procedimientos, tres de los cuales se describen a continuación.

El primero de ellos es mediante la utilización de las series máximas anuales en cada intervalo de tiempo considerado para las intensidades, y cualquiera de las distribuciones extremas; o bien mediante series parciales en cada duración. Los valores extremos obtenidos son dibujados en una gráfica de intensidad contra tiempo, uniéndose los puntos de igual periodo de retorno, un ejemplo de esta metodología lo constituye el trabajo de Günther y Alfaro⁽¹⁰⁾ y del cual se obtienen las Figuras N°4.1 y 4.2 que muestran las curvas IDF de las estaciones San José y Aeropuerto.

La segunda metodología es mediante la utilización de la expresión generalizada

$$i = \frac{C T^m}{(t+d)^n} \quad (39)$$

en donde C, m, n y d son coeficientes empíricos que deben ser obtenidos de los datos observados, la variable t es la duración en minutos del evento deseado. Generalmente se desarrollan dos

Cuadro N°4.1
Valores máximos de precipitación en el mundo.

N°	Fecha	Sitio	País	Duración			Precip. (mm)	Intensidad (mm/hr)
				Días	Horas	Min.		
1	29/NOV/1911	Portobelo	Panamá	-	-	3	62	1240
2		Oklahoma	USA	-	-	5	106	1272
3	25/MAY/1920	Bonnwaldsee	Alemania	-	-	8	126	945
4	12/MAY/1916	Plumb Point	Jamaica	-	-	15	198	792
5	7/JUL/1889	Cutea de Arges	Rumanía	-	-	20	203	615
6	24/AGO/1906	Virginia	USA	-	-	30	235	470
7	22/JUN/1947	Holt (Ma)	USA	-	-	42	305	436
8	20/MAY/1868	Molity	Pirineos	-	1	30	313	209
9	16/JUL/1913	Stifflingtal	Inglaterra	-	2	-	500	250
10	31/MAY/1935	D'Hanis (Texas)	USA	-	2	45	559	203
11	18/JUL/1942	Smethport (Pa)	USA	-	4	30	782	174
12	14-16/JUL/1911	Baguino	Filipinas	1	15	-	1585	-
13	14-17/JUL/1911	Baguino	Filipinas	2	15	-	2010	-
14	12-15/JUL/1876	Cherrapunji	India	4	-	-	1587	-
15	AGO/1841	Cherrapunji	India	5	-	-	3610	-
16	JUL/1861	Cherrapunji	India	31	-	-	9300	-
17	MAY-JUN/1861	Cherrapunji	India	92	-	-	16369	-
18	ABR-SET/1861	Cherrapunji	India	183	-	-	22454	-
19	AGO/1860- AGO/1861	Cherrapunji	India	365	-	-	26461	-

Fuente: Referencia 33.

Figura N°4.1
 Curva IDF según Vharson y Alfaro⁽¹⁰⁾

SAN JOSE, TORMENTAS

INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA

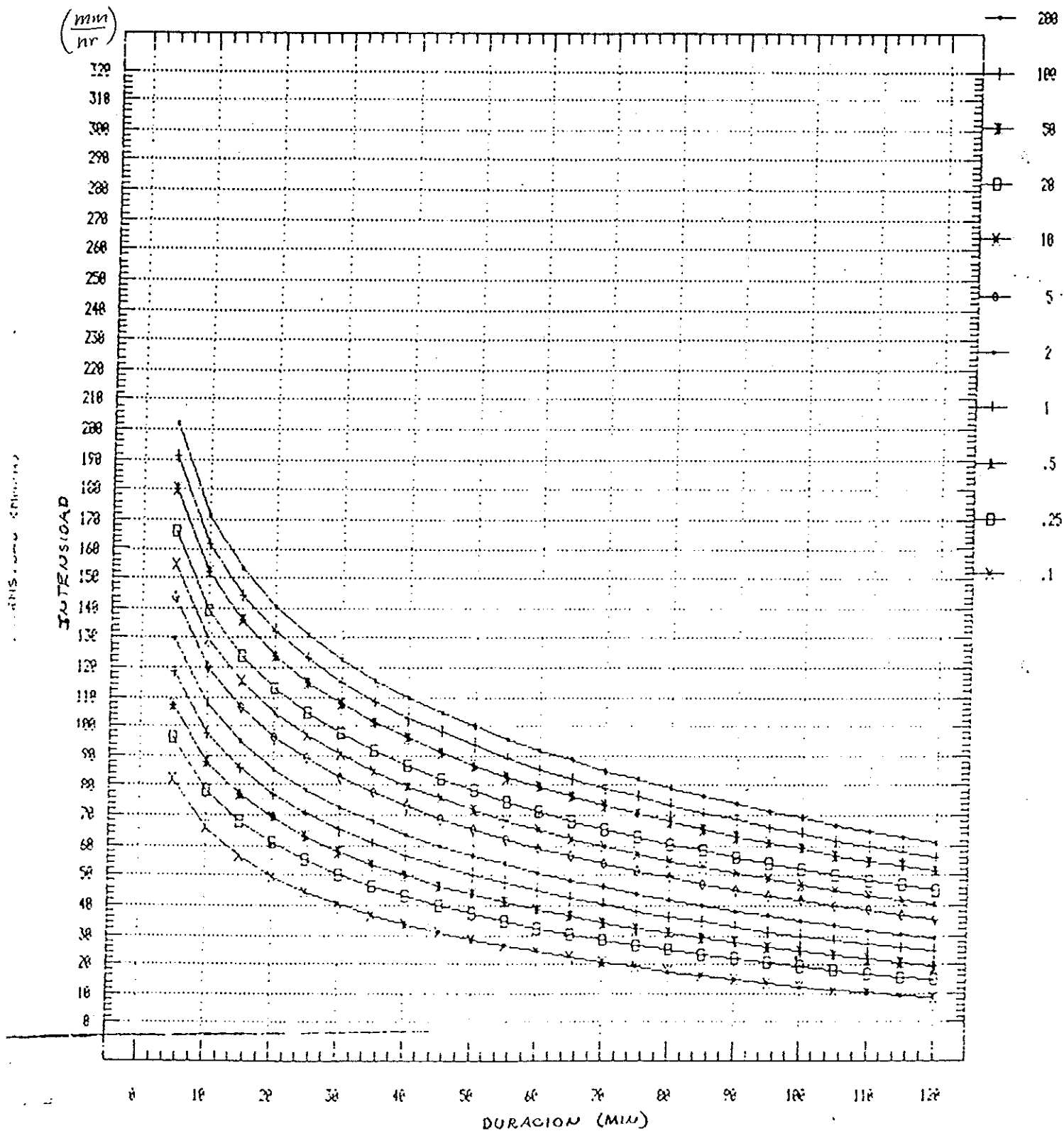
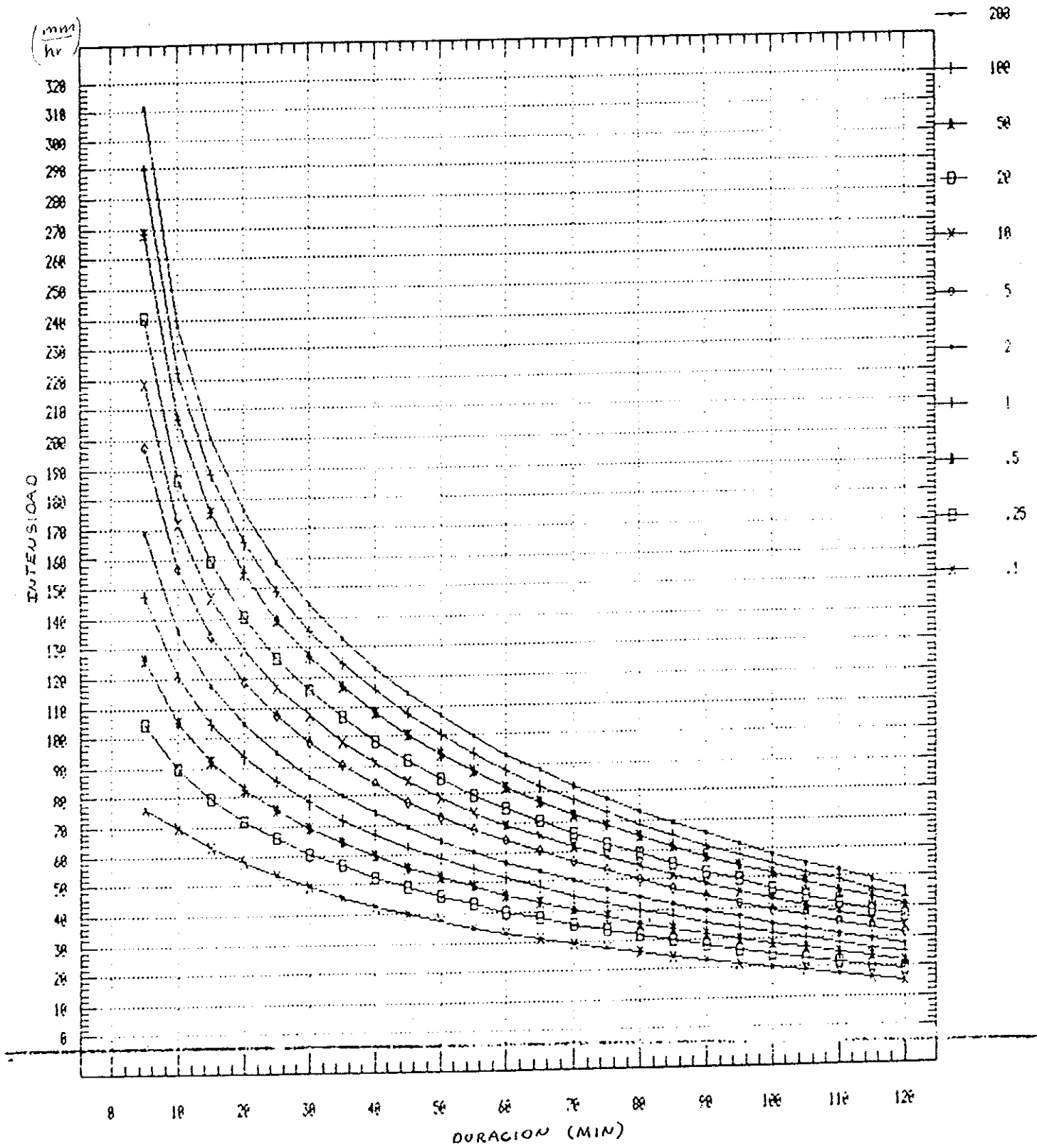


Figura N°4.2
Curva IDF según Vharson y Alfaro (19)

ALAJUELA, TORMENTAS

INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA



expresiones de la ecuación (39), una para intervalos menores o iguales a 60 minutos y otra para tiempos mayores de ese valor, debido a la forma de decaimiento exponencial de las curvas.

Con series anuales máximas los parámetros de la ecuación (39) pueden ser obtenidos mediante correlación lineal múltiple. Esta correlación se logra mediante la linearización de la ecuación (39) al tomar los logaritmos resultando la expresión

$$\log(i) = \log(C) + m \log(T) - n \log(t+d) \quad (40)$$

la cual es de la forma

$$w = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \quad (41)$$

con $w = \log(i)$, $X_1 = \log(T)$, $X_2 = \log(t+d)$, $a_0 = \log(C)$, $a_1 = m$ y $a_2 = -n$.

Con base en esta transformación se logra establecer el sistema de ecuaciones dado por ^(2.55)

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n w &= a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n X_1 + a_2 \sum_{i=1}^n X_2 \\ \sum_{i=1}^n X_1 w &= a_0 \sum_{i=1}^n X_1 + a_1 \sum_{i=1}^n X_1^2 + a_2 \sum_{i=1}^n X_1 X_2 \\ \sum_{i=1}^n X_2 w &= a_0 \sum_{i=1}^n X_2 + a_1 \sum_{i=1}^n X_1 X_2 + a_2 \sum_{i=1}^n X_2^2 \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

de donde se pueden obtener los diferentes parámetros de la ecuación (39).

Como comprobación de la linearización se utiliza el coeficiente de correlación múltiple ⁽⁵⁵⁾ r dado por (43) en donde $w_i = \log(i)$ y w_o es el calculado mediante la ecuación (41).

$$r = \sqrt{1 - \frac{\frac{1}{n-3} \sum_{i=1}^n (w_i - w_c)^2}{\sigma_w^2}} \quad (43)$$

Para la asignación del periodo de retorno se ordenan los valores de intensidad de mayor a menor y luego se emplea cualquiera de las fórmulas mencionadas en la literatura (2, 8, 11, 36, 38) para la estimación de T.

Para series parciales el procedimiento varía, pues se deben obtener los valores de intensidad, tiempo y periodo de retorno a utilizar; la técnica se basa en la construcción de curvas de frecuencia para cada duración analizada y es muy sencilla pero larga.

Lo primero que se debe realizar es obtener la serie de eventos a utilizar determinándose la precipitación en los intervalos de tiempo a estudiar para luego calcular su intensidad.

Posteriormente se genera una serie de tormentas sintéticas de orden "m", en la que la tormenta m=1 esta conformada por la intensidad máxima de cada duración. Así se tendrá n tormentas sintéticas, en donde n es el número de eventos analizados, en la tormenta m=n se tendrán las mínimas intensidades registradas.

El siguiente paso es escoger intervalos de intensidad para cada tiempo los cuales deben permitir distribuir adecuadamente todos los eventos. Con esto se elabora un cuadro que contenga el número de eventos cuya intensidad es mayor o igual al del valor de

intensidad escogido para el intervalo de intensidad. El I.C.E. utiliza en nuestro país los siguientes intervalos de intensidad: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 50; 80; 100; 120; 140 y 160 mm/hr.

Se escogen a lo menos tres periodos de retorno para realizar el estudio, y se determina el número de veces que una tormenta con un determinado periodo de retorno, se da durante los años de registro de la estación. Así por ejemplo, si se analiza una estación con 20 años de registro, se tendrá que una tormenta de periodo de retorno de 5 años, se presenta en promedio cada 5 años, por lo que en promedio se tendrán $20/5=4$ tormentas que igualen o excedan una cierta magnitud de intensidad a lo largo de los veinte años analizados.

Con el valor de número de veces que las tormentas de una determinada duración igualen o excedan una intensidad, se procede a interpolar para el número de veces de cada uno de los periodos de retorno, obteniéndose así para cada valor de tiempo t , un único valor de intensidad para cada T escogido. De igual manera, también se interpola para obtener el valor t correspondiente a cada intensidad en cada periodo de retorno. Obtenidos éstos datos, se puede proceder a establecer el sistema de ecuaciones dado por (42).

Es importante destacar que en este procedimiento se obtiene la probabilidad de que un evento iguale o exceda un valor de intensidad, esto lo explica Riggs⁽⁴⁴⁾ al mencionar que es convención en hidrología el interpretar la curva de frecuencia acumulada como la probabilidad de que un evento iguale o exceda una

magnitud dada.

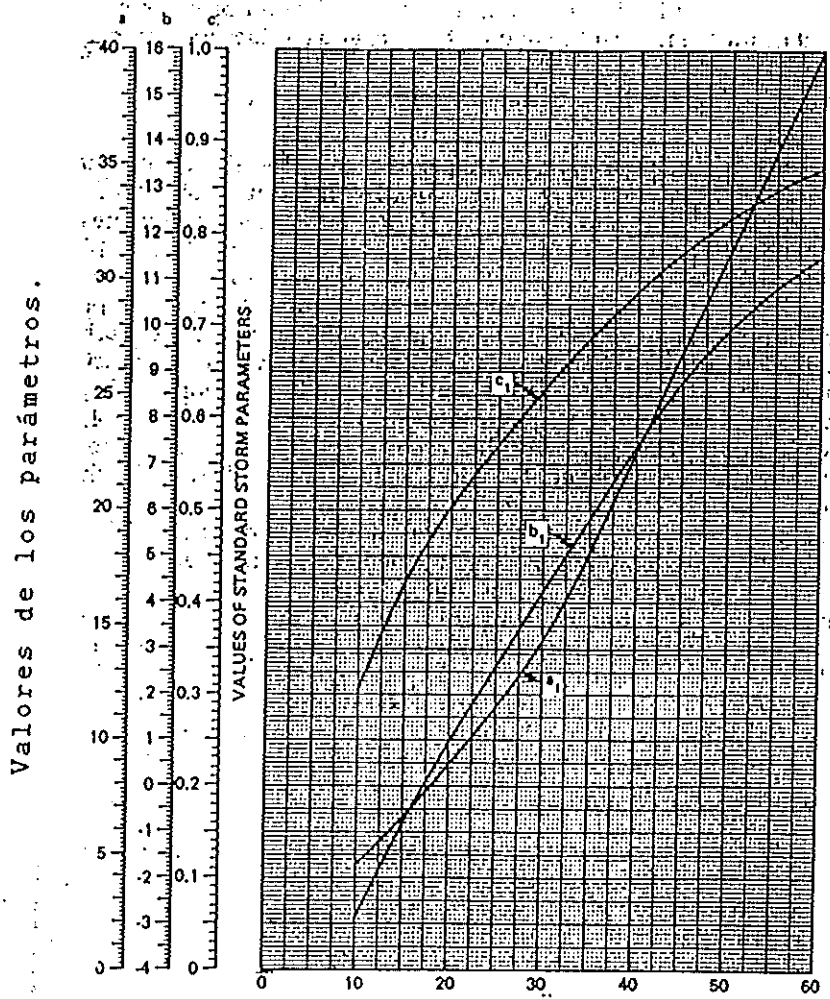
El valor del parámetro d para cualquiera de los dos tipos de serie empleada, no puede ser obtenido directamente de (42), por lo que se propone su obtención mediante iteración del procedimiento de solución del sistema de ecuaciones, iniciando con $d=0$ y variándolo de acuerdo a cualquiera de los procedimientos de búsqueda de valores óptimos, teniendo como criterio la maximización para el cuadrado del coeficiente de correlación lineal múltiple, con lo cual r^2 se encuentra entre cero y uno, mientras que d , no tiene restricciones.

El tercer procedimiento generalizado de obtención de intensidades se basa en la siguiente expresión desarrollada en los Estados Unidos por Chen⁽⁷⁾ en el año de 1983

$$i_t^T = \frac{a i_1^{10} \log(10^{2-x} T_p^{x-1})}{(t+b)^c} \quad (44)$$

la cual expresa la intensidad i (en pulgadas por hora), correspondiente al periodo de retorno T y una duración t en minutos. En ella i_1^{10} , es la intensidad en una hora para un periodo de retorno de 10 años, y que tiene un valor igual al de precipitación en ese tiempo. El parámetro x es la relación de la precipitación esperada en 100 años, una hora (P_{100}^{100}), y la de 10 años, en una hora (P_{10}^{10}). Por otra parte, los valores de a , b y c se obtienen del nomograma mostrado en la Figura N°4.3 con base en la relación de precipitación esperada en 10 años, una hora y 10 años, en 24 horas (P_{10}^{10}/P_{24}^{10}). En el desarrollo de su fórmula,

Figura N°4.3
 Valores de a , b y c según Chen^(?)



Relación de una hora a precipitación correspondiente en 24 horas (P_1^T/P_{24}^T), en porcentaje.

Chen utilizó el TP40 (U.S. Weather Bureau Technical Paper N°40), el cual está construido con base en series parciales, sin embargo, él muestra⁽⁷⁾ la expresión aplicable para series anuales al sustituir la expresión (1) en la (44). Kothiyari y Garde⁽²⁸⁾ en 1992, mostraron que la ecuación (44) no es aplicable para la estimación de intensidades en la India y desarrollaron para ese sitio una expresión particular.

4.3 RELACIONES DE PRECIPITACION-DURACION-FRECUENCIA (PDF)

Las relaciones de precipitación-duración-frecuencia son utilizadas en grandes áreas en las cuales se tiene información limitada, se emplean para la generalización de la precipitación esperada en un intervalo de tiempo, ya que permiten aprovechar la red de pluviómetros existente en la zona de interés.

Este tipo de relación no permite obtener directamente valores de intensidad, ya que éstas deben calcularse como la precipitación esperada en el punto de interés obtenida a través de PDF dividida entre el tiempo (en horas) en consideración.

Se basa en la utilización de factores empíricos que relacionan las diferentes duraciones de lluvia a una duración específica escogida como base. De igual manera relacionan los valores esperados para los diferentes periodos de retorno a un determinado T escogido como base. Esta técnica no es nueva, autores como Hershfield⁽²⁸⁾, Bell⁽⁴⁾, Reich⁽⁴³⁾ y Guswami⁽¹⁸⁾ la han desarrollado o utilizado en diferentes regiones del mundo.

Bell⁽⁴⁾ muestra los valores que recomienda el U.S. Water

Bureau para Estados Unidos y que relacionan los valores de precipitación para diferentes tiempos a el valor de precipitación esperada en una hora de duración. Estas factores son independientes del periodo de retorno⁽⁴⁾ y fueron utilizados por Guswami⁽¹⁸⁾ para la elaboración de mapas de precipitación-duración-frecuencia en la India. El Cuadro N°4.2 muestra los valores de los coeficientes para algunas regiones del mundo.

Cuadro N°4.2
Valores de relación entre la precipitación
de duración t a precipitación en una hora

País		5 min.	10 min.	15 min.	30 min.	2 horas
Estados Unidos	Prom.	0,29	0,45	0,57	0,79	1,25
	Desv.	0,03	-	0,04	0,04	0,08
Australia	Prom.	0,30	-	0,57	0,78	1,24
	Desv.	0,04	-	0,04	0,03	0,06
Unión Soviética	Prom.	0,32	-	0,55	0,79	1,30

Fuente: Referencia 4 y 18.

Para la estimación de la lluvia en una hora, Reich⁽⁴³⁾ desarrolló relaciones en Sur Africa entre la precipitación de 2 años, en una hora y la de dos años, en 24 horas; también obtuvo para la relación de P_1^{100} a P_{24}^{100} . Guswami⁽¹⁸⁾ menciona que la relación de precipitación de 2 años, en una hora a la de 2 años en 24 horas para la India, se encuentra entre 0,35 y 0,45 cuando se tienen de 10 a 80 días de tormentas meteorológicas (thunderstorm); de manera similar señala que en los Estados Unidos la relación es de 0,435 con una desviación estándar de 0,105 y un coeficiente de sesgo de 0,272; en Sur Africa por su parte, es de 0,500 con igual

desviación estándar que la de Estados Unidos, todas tomando como base la lluvia de 2 años en 24 horas.

Para la obtención de la lluvia en diferentes periodos de retorno para una hora de duración, Bell⁽⁴⁾ indica los coeficiente que se dan en el Cuadro N°4.3 y que tiene como base la precipitación para un periodo de retorno de 10 años en una hora.

Cuadro N°4.3
Relación de precipitación
de periodo de retorno T, a precipitación
esperada en 10 años. Una hora de duración.

T (años)	Estados Unidos		Australia	
	Promedio	Desv. estándar	Promedio	Desv. estándar
1	0,54	0,05	0,52	0,05
2	0,63	0,05	0,65	0,05
5	0,85	0,03	0,85	0,05
25	1,17	0,05	1,18	0,03
50	1,31	0,06	1,33	0,06
100	1,46	0,07	1,50	0,08

Fuente: Referencia 4.

CAPITULO V

METODOLOGIA Y RESULTADOS

Este capítulo comprende la descripción del procedimiento utilizado en la elaboración de este informe, se presentan además los resúmenes de los resultados obtenidos.

5.1 REGION DE ESTUDIO Y PROCESAMIENTO DE DATOS

El área de estudio comprende la cuenca del Río Virilla delimitada hasta su confluencia con el Río Grande. Por tratarse de un estudio de precipitación y para facilitar el uso de un sistema de información geográfica (SIG), la región de estudio fue ampliada a un cuadrante delimitado por las coordenadas (481 000, 183 000) y (565 000, 243 000) de la cuadrícula Costa Rica Lambert Norte.

El procesamiento de datos se realizó mediante la utilización de hoja electrónica, mientras que la generación y análisis de mapas se realizó mediante IDRISI, el cual es un SIG y que fue facilitado por la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.

Para el procesamiento de los datos en IDRISI, se definió una cuadrícula de 250 metros de lado, dando como resultado 240 filas y 336 columnas dentro de los límites ya mencionados; para las interpolaciones se utilizó el método del inverso de la distancia al cuadrado, pues el programa se encuentra optimizado para este valor. Estas condiciones se utilizaron en todos los mapas elaborados.

5.2 OBTENCION DE INDICES GEOMORFOMETRICOS

Los valores de área y perímetro de la cuenca reportados en el

Cuadro N°2.1 así como los datos necesarios para la elaboración de la curva hipsométrica (Figura. N°2.2) fueron obtenidos mediante el uso del SIG. Los datos básicos son un mapa de contorno de la cuenca y uno de elevaciones en la región de estudio; ambos fueron obtenidos mediante la lectura directa del mapa San José, escala 1:200 000 editado por el Instituto Geográfico Nacional.

El mapa de contorno se realizó definiendo el valor de cero en cada cuadro que no estuviera contenido dentro de la cuenca y con uno el que sí lo está.

Por su parte, en la elaboración del mapa de elevaciones se leyeron valores en una cuadrícula de 1,5 km de lado aproximadamente; estos puntos fueron introducidos al SIG como identificadores de su coordenada y se le indicó al programa generar la superficie con base en éstos y sobre la cuadrícula de 250 metros de lado. Una vez generada la superficie se reclasificó en rangos para así obtener las áreas por rango de elevación.

5.3 MAPAS DE PRECIPITACION PROMEDIO MENSUALES

En la elaboración de los mapas de precipitación mensual se utilizaron las estaciones que se muestran en el Cuadro N°1 del Apéndice A. Cada una de ellas fue verificada por análisis de doble masa y se obtuvieron sus promedios de precipitación mensual para el periodo homogéneo comprendido entre los años 1 970 a 1 990 inclusive.

Para las estaciones con periodo de registro corto se realizó una verificación de su registro, dicha verificación se efectuó

tomando como base una estación de similar régimen de precipitación y determinando para ella, el porcentaje de variación en su promedio anual, para el periodo de años de registro de la estación que se desea verificar, con respecto a su registro de 1 970 a 1990, el Cuadro N°2 del Apéndice A muestra los porcentajes de variación obtenidos. Realizada esta labor, se generaron los mapas que se muestran en el Apéndice A, en forma semejante al mapa de elevaciones.

5.4 MAPAS DE PRECIPITACION MAXIMA DIARIA

Para cada una de las estaciones que se muestran en el Cuadro N°1 del Apéndice C, se obtuvieron los valores máximos esperados para periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años.

Se utilizó las series máximas anuales que se señalan en el Cuadro N°2 del Apéndice C; las estimaciones se realizaron de acuerdo con la distribución Gumbel y para verificación de los resultados mostrados en el Cuadro N°3 de ese mismo apéndice, se utilizaron bandas de confianza del 90%. Posteriormente a esto se realizó las interpolaciones necesarias con IDRISI para generar los mapas en el área de interés.

La selección de la distribución Gumbel se basó en el hecho de que los reportes y las metodologías consultadas para la elaboración de las relaciones de PDF se desarrollan con base en ella, por lo que se escogió su utilización con el fin de poder hacer comparables los resultados obtenidos.

5.5 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia que se muestran en el Apéndice D fueron obtenidas mediante series parciales para la expresión generalizada dada por la ecuación (39); para ellas se realizaron lecturas directamente de las bandas pluviográficas para intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos así como para 2, 6, 12 y 24 horas. En el Apéndice D se muestran los valores de los coeficientes obtenidos por la correlación lineal múltiple, así mismo algunos valores de intensidad en cada estación. El parámetro d , se obtuvo por medio de la opción de optimización no lineal que provee la hoja electrónica QUATTRO PRO.

Al contarse únicamente con datos para 10 estaciones en la cuenca, y al estar éstas localizadas en la parte Norte de la misma, no fue posible generar mapas a partir de ellas, por lo que fue necesario recurrir a las relaciones de precipitación-duración-frecuencia.

5.6 RELACIONES DE PRECIPITACION-DURACION-FRECUENCIA

En la construcción de las relaciones de PDF se utilizaron las lecturas realizadas para las elaboraciones de las curvas IDF. A partir de éstos datos se obtuvieron series máximas anuales a las cuales se le aplicó la distribución Gumbel y bandas de confianza del 90% para la verificación de resultados.

Las relaciones de PDF se obtuvieron de la siguiente manera:

- A. Para 5, 10, 15, 20, 30 y 120 minutos se dividió el valor esperado en cada periodo de retorno entre el valor de

precipitación correspondiente de una hora de duración (P_t^T/P_1^T). Así se obtiene un promedio para cada duración en cada una de las 10 estaciones; posteriormente se obtiene un promedio de las diez estaciones en cada una de las duraciones en consideración.

- B. En el caso de duraciones de 1, 6 y 12 horas se procedió en forma semejante que en A, solo que tomando como base la precipitación esperada en 24 horas (P_t^T/P_{24}^T). Es importante señalar que para la relación de una hora no se obtuvieron resultados satisfactorios por lo que fue necesario establecer otra relación.
- C. Para establecer la relación entre precipitación de una hora y la precipitación de 24 horas, se tomó como base el periodo de retorno de 10 años (P_1^{10}/P_{24}^{10}), la relación se obtiene promediando para las diez estaciones, la relaciones encontradas entre las dos duraciones en cada una de ellas. Este procedimiento se realizó también tomando como base dos años de periodo de retorno sin resultados satisfactorios.
- D. Finalmente, la relación entre lluvia de diez años de periodo de retorno en una hora de duración, con otros periodos de retorno en la misma duración (P_1^T/P_1^{10}), se determinó al promediar para las diez estaciones, la relación entre lluvia de cada T entre la esperada para diez años. Procedimiento similar se utilizó tomando como base dos años sin llegar a resultados satisfactorios.

5.7 RESULTADOS

Las curvas IDF para las diez estaciones analizadas se muestran en el Apéndice D mientras que los coeficientes de las ecuaciones en el Cuadro N°1, por su parte algunos valores de intensidad se muestran en los Cuadros N°2 a 11 de ese mismo apéndice.

Las relaciones obtenidas para precipitaciones de 6 y 12 horas a precipitación en 24 horas se muestran el Cuadro N°5.1. Para la relación de precipitación de 10 años, una hora a 10 años en 24 horas el valor obtenido fue de $P_{1\text{año}}^{1\text{h}}/P_{24\text{años}}^{1\text{h}}=0,66$ con una desviación estándar de 0,15. Los valores obtenidos para las relaciones de 5, 10, 15, 20 30 y 120 minutos a una hora se muestran en el Cuadro N°5.2 mientras que, la relación de periodos de retorno para una hora de duración se muestra en el Cuadro N°5.3

Es importante señalar que éstas relaciones no permiten obtener directamente valores de intensidad, lo que se obtiene es la precipitación esperada en un periodo de retorno cualquiera y para una duración determinada. Para obtener la intensidad de la lluvia, se debe dividir el valor obtenido de la precipitación esperada (en mm) entre la duración considerada expresada en horas.

Cuadro N°5.1
Relaciones de precipitación en el tiempo t a precipitación en 24 horas.

Tiempo	Promedio	Desv.
6 horas	0,92	0,10
12 horas	0,96	0,07

Fuente: el autor.

Cuadro N°5.2
Relaciones de precipitación en el tiempo t a precipitación en una hora.

Tiempo	Promedio	Desv.
5'	0,24	0,03
10'	0,36	0,03
15'	0,48	0,04
20'	0,60	0,05
30'	0,74	0,04
120'	1,19	0,10

Fuente: el autor.

Cuadro N°5.3
Relaciones de precipitación de periodo de retorno T en una hora, a precipitación máxima esperada en 10 años, una hora.

Periodo de Retorno	Promedio	Desviación estándar
2	0,74	0,05
5	0,89	0,02
15	1,06	0,01
20	1,10	0,02
25	1,13	0,02
50	1,23	0,04
100	1,33	0,06

Fuente: el autor.

Con base en estos coeficientes se desarrollaron los mapas que se muestran en el Apéndice E. En el Apéndice F se muestran los hietogramas característicos para tormentas intensas obtenidos para las 10 estaciones analizadas que cuentan con registro pluviográfico. Algunos mapas de intensidad de lluvia se muestran en el Apéndice G; estos mapas se obtuvieron a partir de los

generados con las relaciones de PDF.

Las series completas de los diferentes mapas se encuentran en formato digital de IDRISI en la Escuela de Ingeniería Civil de la U.C.R. y en el Instituto Meteorológico Nacional.

5.7.1 Variación espacial de las intensidades

La intensidad de la lluvia en la cuenca del Río Virilla presenta una variación localizada, es decir se presentan núcleos de alta intensidad en zonas aisladas. Ejemplo de ello constituyen los altos valores obtenidos por curvas IDF para las estaciones de A. J. Santamaría y Santa Lucía, dichas estimaciones sobrepasan en más de 40 mm/hr las obtenidas en todas las demás estaciones analizadas. Este fenómeno puede deberse a que sobre una línea entre Alajuela y Heredia se da la formación del frente de brisa, por lo que se producirían desarrollos verticales con formación de cumulonimbus que pueden explicar las intensidades altas reportadas en éstas estaciones. Esta característica no es reflejada por las relaciones de PDF tal y como lo muestra el Cuadro N°12 del Apéndice D, pues éste método supone que la intensidad sigue un comportamiento lineal entre la precipitación en un tiempo determinado y la precipitación máxima diaria esperada, sin embargo en la mayoría de las estaciones analizadas muestra resultados satisfactorios y conservadores.

Una situación similar puede presentarse en la zona entre Tres Ríos y Rancho Redondo, sin embargo no se tienen registros en el periodo analizado que puedan confirmarlo.

Para la parte Sur de la cuenca, sobre la cual no existen

registros entre 1 970 y 1 990 es de esperar, que las intensidades presenten un comportamiento similar al de la estación pluviográfica más cercana, por lo que las relaciones de PDF se pueden utilizar tomando las previsiones del caso, ya que es un método desarrollado para las situaciones con información limitada.

5.7.2 Ejemplo de cálculo con relaciones PDF

Se desea obtener la intensidad de la lluvia en la estación Sabana Norte para una duración de 5 minutos y un periodo de retorno de 25 años.

- Del Cuadro N°3 del Apéndice C se obtiene $P_{25}^{10} = 109,1$ mm.
 - $P_1^{10}/P_{25}^{10} = 0,66$ entonces $P_1^{10} = 109,1 \times 0,66 = P_1^{10} = 72,0$ mm
 - $P_1^{25}/P_1^{10} = 1,13$ entonces $P_1^{25} = 72,0 \times 1,13 = P_1^{25} = 81,4$ mm
 - $P_{5,25}/P_1^{25} = 0,24$ entonces $P_{5,25} = 81,4 \times 0,24 = P_{5,25} = 19,5$ mm
 - La intensidad será
- $$i_{5,25} = 19,5 \text{ mm} \times (1/5 \text{ min}) \times (60 \text{ min}/1 \text{ hr}) = i_{5,25} = 243,3 \text{ mm/hr}$$

Utilizando la curva IDF para la estación Sabana Norte el valor obtenido es de 154,9 mm/hr, no indicando esto que en todas las estimaciones se den resultados tan conservadores.

CONCLUSIONES

1. La cuenca del Río Virilla debido a sus características geomorfológicas es poco probable que sea cubierta en su totalidad por una tormenta.
2. Dentro de ella, se presenta una gran variabilidad del clima, se destacan zonas netamente influenciadas por el régimen Pacífico así como zonas con características del régimen Caribe. Sin embargo una gran mayoría de su área, recibe influencia de ambos regímenes por lo que su descripción se torna complicada, especialmente debido a la ausencia de datos de muchas de las variables climatológicas.
3. En la época seca, comprendida entre diciembre y abril se da la presencia de los vientos alisios, por lo que se tiene como resultado la predominancia de vientos con componente Noreste.
4. En la época lluviosa, el flujo de origen en el Pacífico modifica la dirección predominante del viento sobre la cuenca, presentándose vientos del Oeste en gran parte de ella.
5. El choque de los flujos alisio y del Pacífico durante la época lluviosa, provocan la formación del frente de brisa que afecta a la cuenca.
6. Como resultado del choque de flujos de viento se dan zonas de máxima precipitación a todo lo largo del frente de brisa.
7. Los mapas de precipitación promedio mensual muestran la variación en el comportamiento de la precipitación y señalan la presencia del viento predominante.
8. La presencia de áreas de precipitación promedio anual inferior

a 1 800 mm puede explicarse con base en la penetración del flujo Pacífico por el cañón del Tárcoles y el efecto de sombra de lluvia que provocan los cerros de Turrubares y Escazú.

9. En la estimación de eventos extremos se señala la presencia de núcleos de máxima precipitación en el sector de Tres Ríos, por lo que se puede estimar que en esa zona se puede producir un frente de brisa.

10. Las curvas de IDF demuestran la presencia de intensidades altas en toda la cuenca. Valores por arriba de 130 mm/hr en cinco minutos son frecuentes.

11. En la estación Santa Lucía y A. J. Santamaría, se registran valores de intensidad superiores a los 180 mm/hr en cinco minutos, lo cual indica la presencia de un núcleo de precipitación intensa.

12. Las intensidades altas obtenidas en las dos estaciones anteriormente mencionadas permiten suponer en esa zona se origina el frente de brisa.

13. La variación espacial de las intensidades encontradas permite suponer que las máximas se encontrarán sobre la zona en la que se desarrolla el frente de brisa.

14. El procedimiento de obtención de los coeficientes de la expresión de intensidad así como el propuesto para la obtención del parámetro d , da resultados satisfactorios y presenta la ventaja de que es aplicable a una gran cantidad de hojas electrónicas disponibles en el mercado.

15. Existe una notable ausencia de estaciones pluviográficas de

registro diario en el sector Sur de la cuenca y el paso de La Palma.

16. Los valores obtenidos para las relaciones de PDF son válidos únicamente para la cuenca en estudio. Se obtuvieron a través de series anuales máximas empleando la distribución Gumbel.

17. Los valores de la relación de precipitación de 5, 10, 15, 20, 30 y 120 minutos a precipitación de una hora de duración son independientes del periodo de retorno.

18. Los valores de la relación de precipitación de 6 y 12 horas a precipitación de 24 horas también son independientes del periodo de retorno.

19. Para las dos relaciones anteriores, los valores de la relación y su desviación estándar son similares a los reportados en la literatura y son aplicables a la cuenca en estudio.

20. La relación de precipitación de diez años de periodo de retorno y una hora de duración, a precipitación de diez años de periodo de retorno en 24 horas, se encuentra dentro del rango normal reportado en la literatura y es aplicable.

21. Las relaciones de lluvia de una hora de duración en cualquier periodo de retorno a lluvia de diez años de periodo de retorno en una hora de duración muestran resultados satisfactorios.

22. Las diferentes valores para las relaciones de PDF son aplicables únicamente a la cuenca en estudio.

23. Las relaciones de PDF se basan en una relación lineal entre la precipitación buscada y la precipitación máxima diaria esperada,

por lo que la distribución temporal no es tomada en cuenta.

24. Los resultados de las relaciones PDF sobre la línea del frente de brisa puede producir resultados poco confiables por lo que este factor debe tomarse en consideración.

25. Debido a lo anterior, la utilización de las curvas IDF debe tener prioridad sobre las relaciones de PDF en aquellas zonas en que estén disponibles.

26. Los hietogramas característicos para las diez estaciones analizadas muestran que el desarrollo de las tormentas de intensidad fuerte no sobrepasan las dos horas de duración.

27. Con base en lo anterior las relaciones de PDF desarrolladas son aplicables a la precipitación máxima diaria.

28. La aplicación de las relaciones de PDF en zonas con información limitada son de gran ayuda y permiten el conocimiento de los valores de precipitación para diferentes intervalos de tiempo a partir de la precipitación máxima diaria.

29. El método de interpolación utilizado en la elaboración de los diferentes mapas puede no ser el más adecuado, por lo que los mapas son susceptibles a éste error.

30. La utilización de sistemas de información geográfica para la predicción y análisis de condiciones climatológicas facilita notablemente la labor, a la vez que se logra una veracidad de los datos mayor en el menor tiempo posible.

31. Así mismo, los rangos utilizados para definir las diferentes isolneas deben escorgerse con cuidado para evitar obtener

resultados incongruentes con la realidad.

32. Por su parte los SIG, permiten la actualización de los diferentes mapas en forma periódica y expedita.

33. La metodología empleada en la elaboración de este informe es aplicable a otras cuencas, sin embargo es de esperar que se le tenga que realizar algunas modificaciones con el fin de adaptarla a las condiciones particulares que se puedan presentar en cada cuenca.

RECOMENDACIONES

1. Localizar las estaciones climatológicas en coordenadas Lambert.
2. Mantener actualizados y en forma automatizada los resúmenes de valores mensuales para las diferentes variables climatológicas.
3. Elaborar las series máximas anuales de precipitación diaria en todas las estaciones del país y almacenarlos preferiblemente en forma automatizada.
4. Centralizar la ubicación de toda la información ya procesada en una sola institución manteniendo a ésta actualizada.
5. Obtener los valores máximos de precipitación en cada uno de los meses, para diferentes duraciones y en las diferentes estaciones pluviográficas del país, manteniendo el registro preferiblemente en forma automatizada.
6. Desarrollar relaciones de PDF en las diferentes cuencas del país para así facilitar la estimación de intensidades.
7. Elaborar un estudio de probabilidad de ocurrencia de los diferentes hietogramas que se puedan registrar en las diferentes estaciones de la cuenca del Río Virilla. Para esto, las referencias 26 y 27 son de mucha utilidad.
8. Desarrollar un estudio que identifique las zonas de desplazamiento de las tormentas en la cuenca del Río Virilla, con el fin de caracterizar la distribución espacial a través del tiempo de duración de la tormenta.
9. Colocar estaciones pluviográficas de registro diario las

estaciones San José (Museo), Desamparados, Puriscal, Embalse La Garita, Cerro Zurquí y Alto de Ochoingo. También se debe establecer un estación en las cercanías del sitio denominado Alto Quebradillas, localizado en la Fila Ventolera.

10. Las estaciones antes mencionadas preferiblemente deben tratarse de estaciones telemétricas e incorporarlas a la red ya existente en la cuenca.

11. Verificar los registros de las estaciones telemétricas San Ramón de Tres Ríos, Salitral de Santa Ana, Higuito de Desamparados, Barva de Heredia, San Luis de Santo Domingo y Sabana-San José mediante comparación con los registros de las estaciones convencionales más cercanas.

12. Desarrollar un programa que transfiera la información de la red telemétrica a un formato que pueda ser utilizado directamente por un sistema de información geográfica. Este formato para el caso de IDRISI es un archivo de vectores de punto.

13. Establecer un sistema de simulación en tiempo real de la precipitación dentro de la cuenca con el fin de implantar un sistema de alerta ante eventos extremos.

14. Poner a operar estaciones medidoras de velocidad y dirección del viento en el Valle del Guarco, al Sur de la capital y al Suroeste de Alajuela.

15. Utilizar sistemas de información geográfica para la predicción y análisis de condiciones climatológicas en las diferentes cuencas del país.

16. Levantar las bases de datos necesarias para la utilización de los SIG, tales como topografía, contorno de cuencas y ubicación de estaciones. Esto se puede lograr fácilmente mediante el uso de mesas digitalizadoras.

17. Utilizar la cuenca como unidad de estudio en la elaboración de informes climatológicos.

18. Realizar un estudio que determine la aplicabilidad de las diferentes distribuciones de probabilidad en cada una de las cuencas principales del país.

19. Continuar con este tipo de estudio en las diferentes cuencas del país, siguiendo un orden establecido por la importancia que tenga la cuenca para el país.

REFERENCIAS

1. ARCO INTERNATIONAL CORPORATION. (1938). Handbook of Culvert and Drainage Practice. PR Donnelley & Sons Company, U.S.A.
2. APARICIO, F. (1989). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa, México.
3. BEARD, L. R. (1943). "Statistical Analysis in Hydrology." Transactions, ASCE, Vol. 108, 1110-1121.
4. BELL, F. C. (1969). "Generalized Rainfall-Duration-Frequency Relationships." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 95(HY1), 311-327.
5. BERNARD, M. M. (1932). "Formulas for Rainfall Intensities of Long Duration." Transactions, ASCE, Vol. 96, 592-624.
6. BREIHAN, E. R. (1940). "Relation of Hourly Mean Rainfall to Actual Intensities." Civil Engineering, ASCE, 10(5), 303-305.
7. CHEN, C. L. (1983). "Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formulas." Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE, 109(12), 1603-1621.
8. CHOW, V. T. et al. (1988). Applied Hydrology. McGraw Hill, U.S.A.
9. COOPER, C. F. (1967). "Rainfall Intensity and Elevation in Southwestern Idaho." Water Resources Research, 3(1), 131-137.
10. CRICA. (1980). Control de Calidad de la Información Básica para el Desarrollo de Proyectos Hidroeléctricos. Primer Curso Regional Itinerante Post-Universitario en Hidrología y Ciencias del Agua del Istmo Centroamericano y República Dominicana. San José, Costa Rica.
11. DUNNE, T., and Leopold, L. B. (1978). Water in Environmental Planning. W. H. Freeman and Company, U.S.A.
12. EASTMAN, J. R. (1992). Idrisi Version 4.0, User's Guide and Technical Reference. Clark University, Graduate School of Geography, Massachusetts, U.S.A.

13. FAIR, G. et al. (1990). Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales, Tomo I. LIMUSA, México.
14. FARMER, J. E. (1972). "Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relations for the Wasatch Mountains of Northern Utah." *Water Resources Research*, 8(1), 266-271.
15. FONTAINE, T. A., and Potter, K. (1989). "Estimating Probabilities of Extreme Rainfall." *Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE*, 115(11), 1562-1575.
16. FOSTER, H. A. (1924). "Theoretical Frequency Curves and their Application to Engineering Problems." *Transaction, ASCE*, Vol. 87, 142-173.
17. GAMBOA, R. (1969). Diseño Hidrológico e Hidráulico de Drenajes de Carreteras. Proyecto de Graduación presentado en la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, para optar por el grado de Ingeniero Civil.
18. GUSWAMI, A. C. (1972). "Short Duration Rainfall Depth-Duration-Frequency Map of India". Proceedings, Decisions with Inadequate Hydrologic Data, Second International Hydrology Symposium, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, U.S.A., 48-56.
19. GÜNTER V., W., y Alfaro, M. (1992). Las Intensidades de las Tormentas en los Centros Urbanos más Importantes de Costa Rica. Informe final al Colegio de Ingenieros Civiles. Escuela de Ciencias Geográficas, UNA, Heredia, Costa Rica.
20. HAAN, C. T. (1977). "Mini Course 1. Urban Hydrologic Frequency Analysis." Proceedings, International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control, University of Kentucky, Kentucky, U.S.A., 325-338.
21. HADLEY, R. F., and Lusby, G. C. (1967). "Runoff and Hillslope Erosion Resulting from a High-Intensity Thunderstorm near Mack, Western Colorado." *Water Resources Research*, 3(1), 139-143.
22. HELWEG, O. J. (1992). Recursos Hidráulicos, Planeación y Administración. LIMUSA, México.
23. HERSHFIELD, D. M., and Wilson, W. T. (1960). "A Comparison of Extreme Rainfall Depths from Tropical and Nontropical Storms." *Journal of Geophysical Research*, 65(3), 959-982.

24. HERSHFIELD, D. M. (1961). "Estimating the Probable Maximum Precipitation." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 87(HY5), 99-116.
25. HERSHFIELD, D. M. (1962). "Extreme Rainfall Relationships." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 88(HY6), 73-92.
26. HUFF, F. A. (1967). "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms." Water Resources Research, 3(4), 1007-1019.
27. HUFF, F. A. (1970). "Time Distribution Characteristics of Rainfall Rates." Water Resources Research, 6(2), 447-454.
28. JAUBERT V., M. A. (1993). Análisis Hidrológico de la Quebrada Los Negritos. Proyecto de Graduación presentado en la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil.
29. KOTHYARI, U. C., and Garde, R. J. (1992). "Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formula for India." Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE, 118(2), 323-336.
30. LAPORTE, S. et al. (1980). Análisis Preliminar del Viento en Costa Rica. Dirección de Planificación Eléctrica, Departamento de Estudios Básicos, Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.
31. LEOPOLD, L. B., (1944). "Characteristics of Heavy Rainfall in New Mexico and Arizona." Transactions, ASCE, Vol. 109, 837-892.
32. LETTENMAIER, D. P., and Burges, S. J. (1982). "Gumbel's Extreme Value I Distribution; A New Look." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 108(HY4), 502-514.
33. NACIONES UNIDAS. (1977). Manual de Instrucciones. Estudios Hidrológicos. Publicación N°140. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, Managua, Nicaragua.
34. OKI, T., Musiak, K., and Koike, T. (1991). "Spatial Rainfall Distribution at a Storm Event in Mountainous Regions, Estimated by Orography and Wind Direction." Water Resources Research, 27(3), 359-369.
35. OMM. (1986). Guía de Prácticas Meteorológicas. Volumen I. Adquisición y Proceso de Datos. N° 168. OMM, Ginebra, Suiza.

36. OMM. (1986). Guía de Prácticas Meteorológicas. Volumen II. Análisis, Predicción y otras Aplicaciones. N° 168. OMM, Ginebra, Suiza.
37. PILGRIM, D. H., and Cordery, I. (1975). "Rainfall Temporal Patterns for Design Floods." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 101(HY1), 81-95.
38. PROTTI, E. et al. (1983). El Sistema Fluvial de Tárcoles, Costa Rica. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica.
39. RAMIREZ, P. Estudio Meteorológico de los Veranillos en Costa Rica. Nota de Investigación N°5. MAG-IMN, San José, Costa Rica.
40. RAO, D. V. (1980). "Log Pearson Type 3 Distribution: A Generalized Evaluation." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 106(HY5), 853-872.
41. RAO, D. V. (1980). "Log Pearson Type 3 Distribution: Method of Mixed Moments." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 106(HY6), 999-1019.
42. RASMUSSEN, P. F., and Rosbjerg, D. (1989) "Risk Estimation in Partial Duration Series." Water Resources Research, 25(11), 2319-2330.
43. REICH, B. M. (1963). "Short Duration Rainfall Intensity Estimates and Other Design Aids for Regions of Sparse Data." Journal of Hydrology, 1(1), 3-28.
44. RIGGS, H. C. (1961). "Frequency of Natural Events." Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 87(HY1), 15-26.
45. RODDA, J. C. (1967). "A Country-Wide Study of Intense Rainfall for the United Kingdom." Journal of Hydrology, Vol. 5, 58-69.
46. SAEZ M., A. et al. (1963). Estudio Estadístico Matemático del Clima del Valle Central de Costa Rica. Serie Agronómica N°5. Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
47. STEDINGER, J. R. (1983). "Confidence Intervals for Design Events." Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 109(1), 13-27.
48. TAVARES, L. V., and Da Silva, J. E. (1983). "Partial Duration Series Method Revisited." Journal of Hydrology, Vol. 64, 1-14.

49. TUNG, Y. K. (1987). "Uncertainty Analysis of National Weather Service Rainfall Frequency Atlas." *Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE*, 113(2), 179-189.
50. U.C.R. (1985). *Tablas Estadísticas. Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica, Editorial de la U. de Costa Rica, San José, Costa Rica.*
51. UMAÑA, F. (1989). *Caracterización de Eventos Extremos. Proyecto de Graduación presentado en la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil.*
52. VARGAS, C. (1953). *Análisis de Condiciones de Precipitación Lluviosa Máxima para la Ciudad de San José basado en 36 años de Observaciones. Tesis de grado presentada en la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, para optar por el grado de Ingeniero Civil.*
53. WALPOLE, R. E., and Myers, R. H. (1993). *Probabilidad y Estadística. McGraw Hill, México.*
54. WIESNER, C. S. (1970). *Hydrometeorology. Chapman and Hall Ltd., U.S.A.*
55. WIESSMAN, W. Jr., et al. (1977). *Introduction to Hydrology. Harper & Row, Publishers, U.S.A.*
56. ZARATE, E. (1978). *El Comportamiento del Viento en Costa Rica. IMM, San José, Costa Rica.*
57. ZARATE, E. (1980). *El Viento en San José. Nota técnica N°8. MAG-IMN, San José, Costa Rica.*
58. ZARATE, E. (1992). "Clasificación de Fenómenos Meteorológicos Causantes de Desastres Naturales según Escalas Temporales y Espaciales." *Revista Geográfica de América Central, UNA, Nos. 25-26, 115-131.*

APENDICE A

RESULTADOS DE PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL

CUADRO No 1
 LISTA DE ESTACIONES
 CUENCA DEL GRANDE DE TARCOLES

NUMERO	ESTACION	Grados	Lambert	Norte	ELEVACION		Inicio	Final
					(m.s.n	INSTIT.		
84001	San Jose	09.56' 84.05'	526407	212784	1172	IMN-ICE	1880	1992
84003	La Argentina	10.02' 84.21'	496956	223820	760	IMN	1937	1992
84004	Atenas, Sabana Larga	09.59' 84.23'	493275	218302	696	UCR	1940	1992
84005	Avance de Tres Rios	09.56' 83.58'	539291	212784	1870	IMN	1939	1992
84006	Hda. Concepcion	09.55' 84.00'	535610	210944	1320	IMN	1954	1992
84011	Lornessa, Santa Ana	09.56' 84.11'	515363	212784	909	IMN	1941	1992
84012	Turrucare	09.58' 84.19'	500637	216462	639	IMN	1940	1992
84018	Rancho Redondo	09.57' 83.57	541132	214623	1780	IMN	1951	1992
84019	Hda. La Laguna	09.54' 84.02'	531929	209105	1240	IMN	1954	1992
84021	A. J. Santamaria	10.00' 84.12'	513522	220141	932	IMN	1956	1992
84022	Desamparados	09.54' 84.04'	528247	209105	1162	IMN	1957	1992
84023	Fabio Saubrit	10.01' 84.16'	506159	221980	840	UCR	1961	1992
84024	Hda. Djo de Agua	09.56' 84.13'	511681	212784	850	IMN	1958	1992
84030	Laguna de Fraijanes	10.05' 84.11'	515363	229338	1500	UCR	1976	1992
84034	Embalse La Garita	09.57' 84.21'	496956	214623	460	ICE	1963	1992
84035	Los Sitios	09.59' 84.03'	530088	218302	1290	AyA	1968	1992
84037	S. Antonio, Escazu	09.54' 84.08'	520885	209105	1380	SENARA	1964	1992
84038	Salitral	09.55' 84.10'	517203	210944	1100	SENARA	1964	1992
84039	S. Juan de Dios	09.53' 84.05'	526407	207266	1330	AyA	1964	1992
84040	Alto de Ochomogo	09.54' 83.57'	541132	209105	1546	IMN	1950	1982
84046	S. Josesito, Heredia	10.02' 84.00'	535610	223820	1450	IMN	1971	1992
84053	Sacramento	10.06' 84.07'	522725	231177	2260	SENARA	1967	1992
84054	Monte La Cruz	10.06' 84.05'	526407	231177	1700	SENARA	1967	1992
84056	Villa Colon	09.55' 84.15'	508000	210944	700	IMN	1968	1992
84058	Telegrafo, Barva	10.05' 84.07'	522725	229338	1177	SENARA	1967	1992
84060	Los Cartagos	10.09' 84.10'	517203	236695	2050	SENARA	1951	1992
84070	El Encierro	10.02' 84.03'	530088	223820	1530	AyA	1971	1992
84071	Zurqui	10.02' 84.01'	533769	223820	1500	AyA	1971	1992
84072	Platanares	10.01' 83.59'	537451	221980	1500	AyA	1972	1980
84073	Las Nubes	09.59' 83.58'	539291	218302	1850	AyA	1938	1992
84074	Aeropuerto Pavas	09.58' 84.08'	520885	216462	997	IMN	1975	1992
84075	Coop. Cafe, Naranjo	10.07' 84.23'	493275	233016	1100	IMN	1970	1992
84078	El Gallito	10.06' 84.05'	526407	231177	2120	AyA	1973	1992
84079	Birri	10.04' 84.08'	520885	227498	1400	AyA	1973	1992
84080	Scott Paper	09.59' 84.11'	515363	218302	920	AyA	1973	1992
84081	Jerico	9.50' 84.04'	528247	201748	1660	AyA	1973	1992
84091	E. C. Ganaderia	09.57' 84.24'	491434	214623	450	IMN	1975	1992
84096	Sabana Norte	09.56' 84.06'	524566	212784	1120	ICE	1974	1992
84111	S. Lucia	10.01' 84.07'	522725	221980	1200	UNA	1982	1992
84115	Sabanilla (UCR)	09.57' 84.03'	530088	214623	1200	UCR-IMN	1982	1992

CUENCA DEL RIO SARAPIQUI

CUADRO No 1

LISTA DE ESTACIONES

69505	Vara Blanca	10.10'	84.09'	519044	238534	1804	ICE	1959	1992
69600	Cerro Zurqui	10.04'	84.01	533769	227498	1500	ICE	1989	1992
69602	Carrillo	10.10'	83.57'	541132	238534	730	ICE	1984	1992
69604	La Montura	10.07'	83.58'	539291	233016	1000	ICE	1984	1992
69606	Rio Claro	10.05'	83.59'	537451	229338	1460	ICE	1984	1992

CUENCA DEL RIO REVENTAZON

73003	Comandancia	09.52'	83.55'	544813	205426	1440	INN	1941	1986
73011	Sanatorio Duran	09.56'	83.53'	548495	212784	2337	ICE	1943	1992
73018	Linda Vista	9.50'	83.58'	539291	201748	1400	INN	1951	1992
73022	Pacayas	09.55'	83.49'	555857	210944	1735	INN	1952	1992
73026	Tapanti	09.46'	83.50'	554017	194391	1203	ICE	1939	1992
73029	El Llano	09.46'	83.52'	550335	194391	1572	ICE	1957	1992
73030	Cordoncillal	09.45'	83.47'	559539	192551	1240	ICE	1960	1992
73041	La Cangreja	09.48	83.58'	539291	198069	1830	ICE	1962	1992
73042	Muneco	09.48'	83.55'	544813	198069	1410	ICE	1962	1992
73046	Cachi Plantel	09.49'	83.48'	557698	199909	1018	ICE	1953	1992
73047	Tucurrique	09.51'	83.45'	563220	203587	770	ICE	1964	1988
73058	Retes Tres	09.58'	83.53'	548495	216462	3100	ICE	1964	1992
73076	INCSA, Agua Caliente	9.50'	83.55'	544813	201748	1325	Part.	1965	1982
73078	Coliblanco	09.57	83.48'	557698	214623	2200	UCR	1970	1983
73081	Volcan Irazu	09.59'	83.51'	552176	218302	3400	INN	1964	1989
73084	Presa Cachi	09.51'	83.48'	557698	203587	1010	ICE	1970	1992

CUENCA DEL RIO PARRITA

88001	Puriscal	09.51'	84.19'	500637	203587	1102	INN	1940	1986
88005	San Ignacio de Acosta	09.48'	84.10'	517203	198069	1095	INN	1950	1979
88009	Tarbaca	09.49	84.07'	522725	199909	1777	INN	1962	1988
88012	La Lucha	09.45'	84.00	535610	192551	1800	INN	1961	1965
88014	Palmital	9.50'	84.12'	513522	201748	1160	AyA	1973	1992

CUADRO No 2

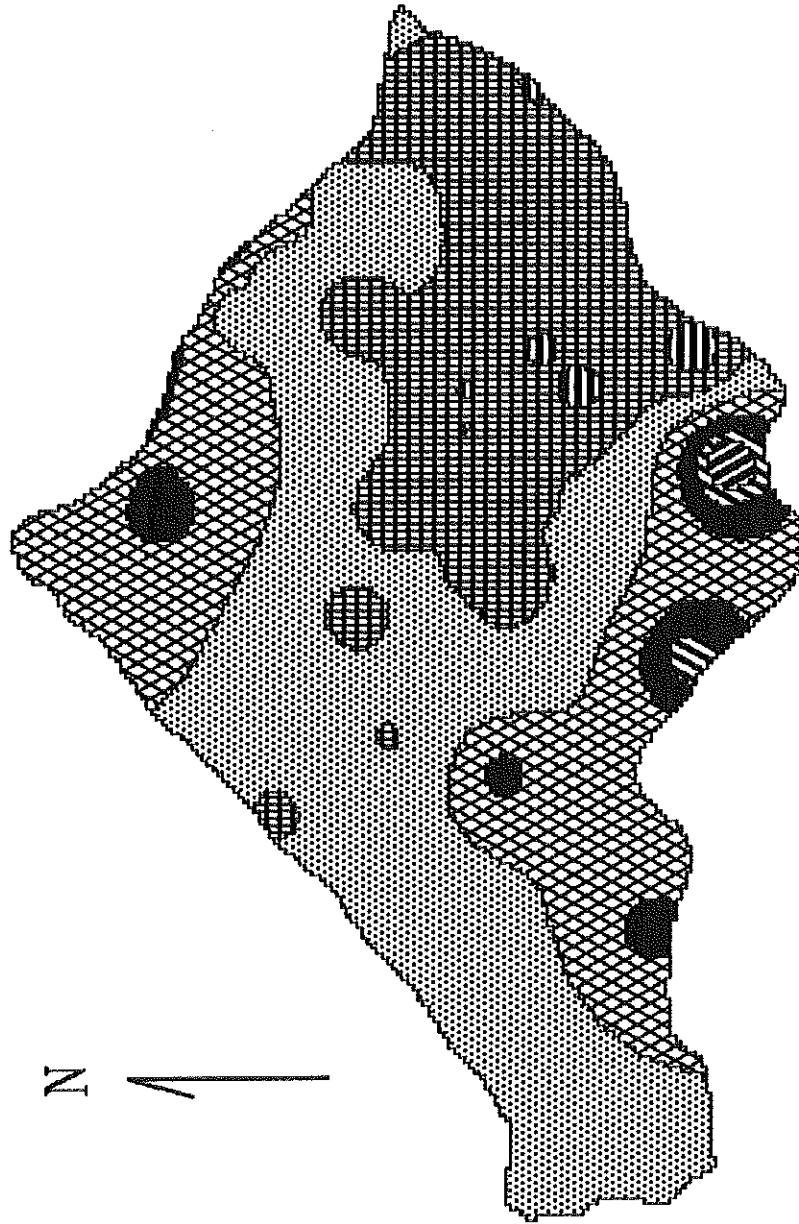
Verificación de registros de estaciones

Estación	Patrón	70-90	Registro	Variación
L. Fraijanes	R. Redondo	2417.2	2273.5	5.94%
Alto de Ochomogo	Hda. Concepción	2300.8	2247.3	2.33%
Plataneres	Vara Blanca	3687.8	3586.6	2.74%
Retes Tres	Comandancia	1400.2	1227.1	12.36%
INCOSA, A. Caliente	Comandancia	1400.2	1383.5	1.19%
Coliblanco	Pacayas	2191.6	2075.3	5.31%
Cerro Zurqui	Vara Blanca	3687.8	3564.2	3.35%
Carrillo	Vara Blanca	3687.8	3540.1	4.01%
La Montura	Vara Blanca	3687.8	3540.1	4.01%
Rio Claro	Vara Blanca	3687.8	3547.0	3.82%
S. Ignacio de Acosta	Hda. Ojo de Agua	1755.8	1780.1	-1.38%
Tarbaca	Hda. Ojo de Agua	1755.8	1780.3	-1.40%

Precipitación promedio de abril

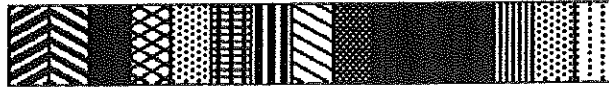
243.0

565.0



Lluvia en mm

175-200
150-175
125-150
100-125
75-100
50-75
25-50



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por

Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

1970 - 1990

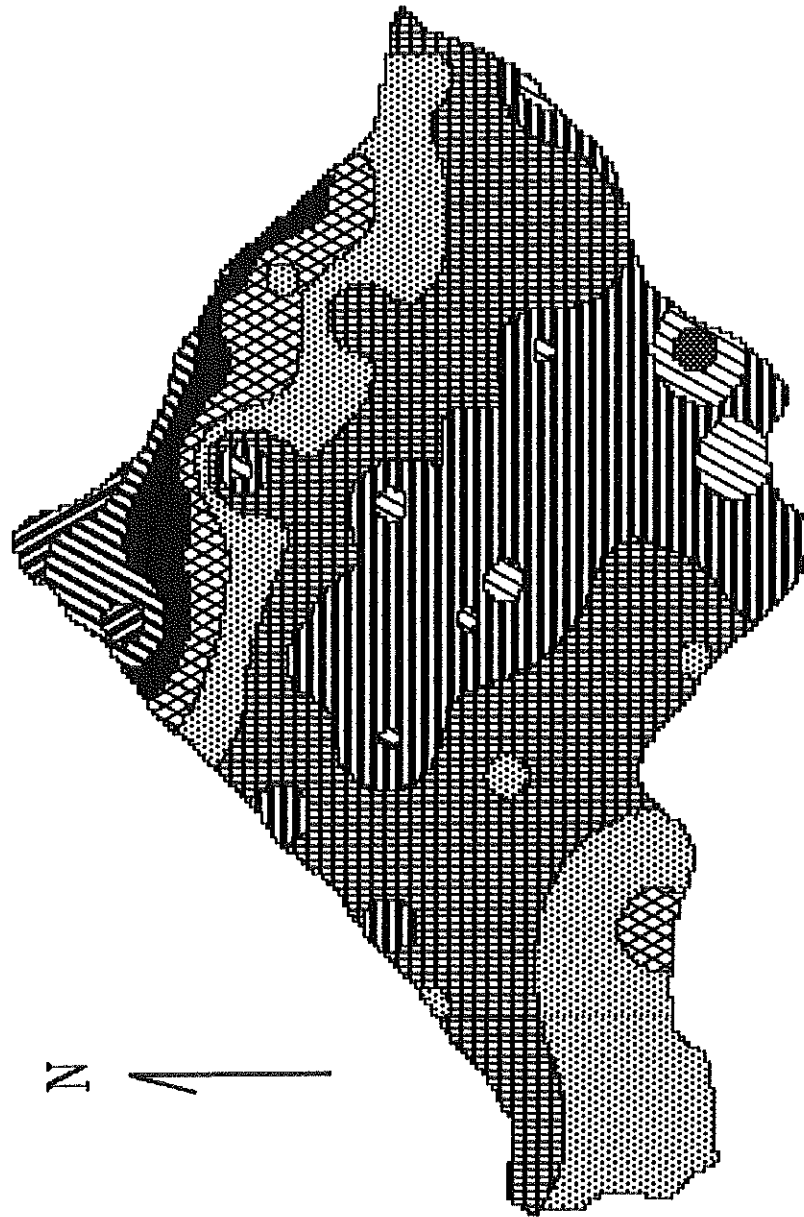
481.0

183.0

Precipitación promedio de julio

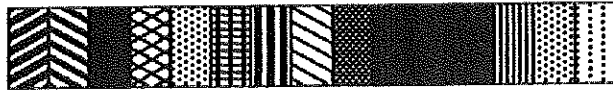
243.0

565.0



Lluvia en mm

325-350
300-325
275-300
250-275
225-250
200-225
175-200
150-175
125-150



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

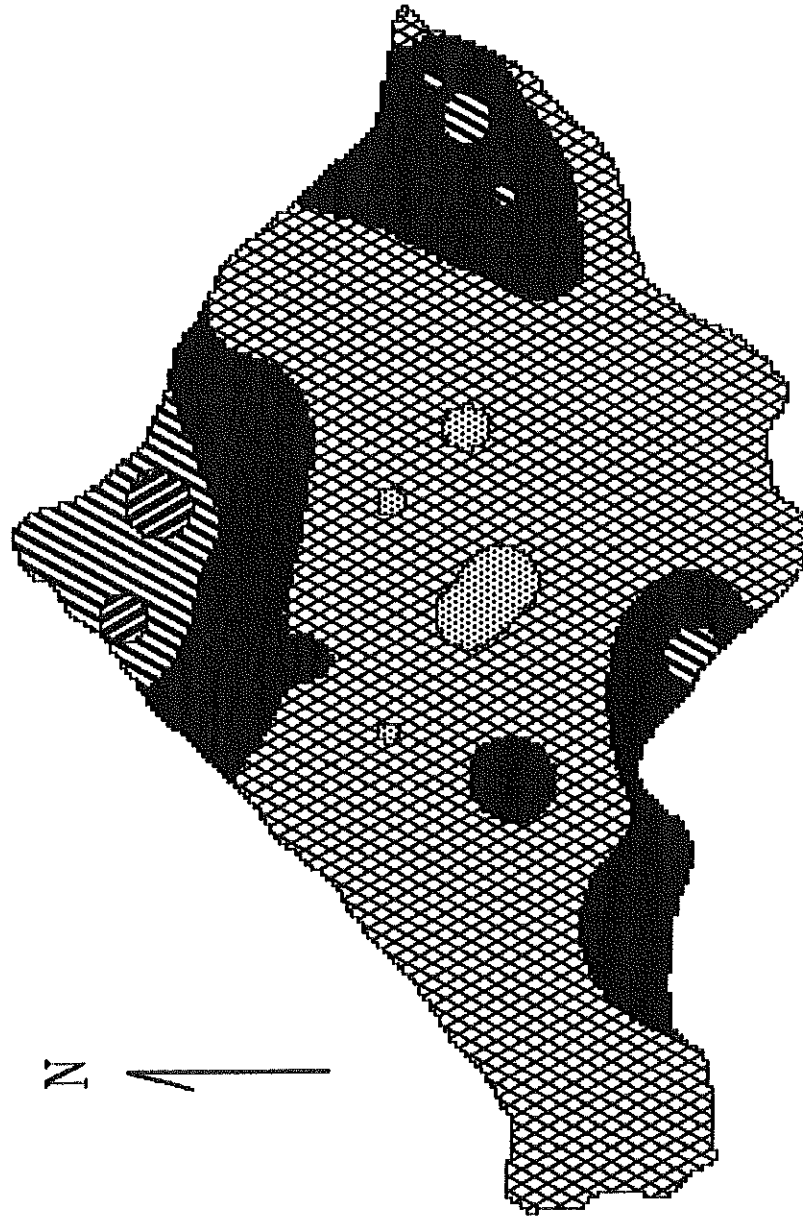
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Precipitación promedio de setiembre

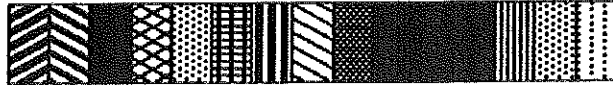
243.0

565.0



Lluvia en mm

450-500
400-450
350-400
300-350
250-300



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

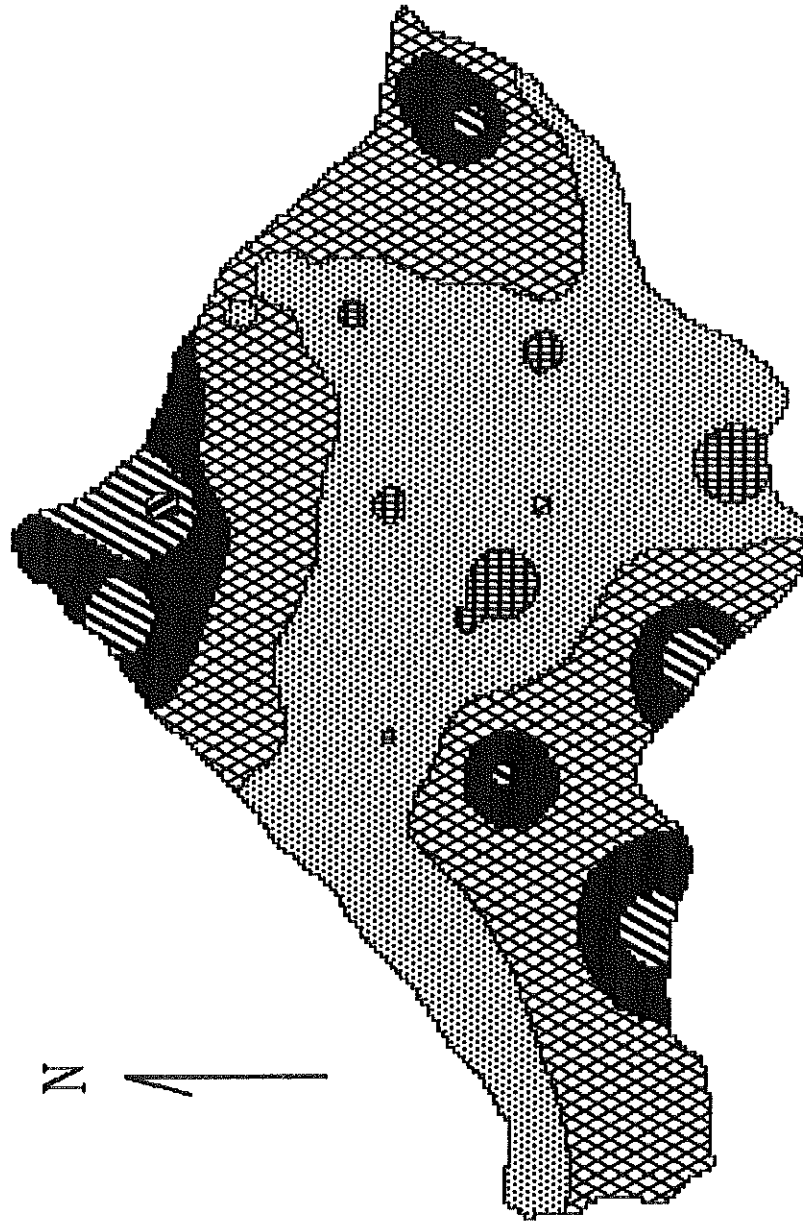
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Precipitación promedio de octubre

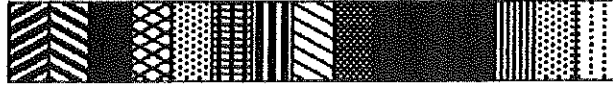
243.0

565.0



Lluvia en mm

- 500-550
- 450-500
- 400-450
- 350-400
- 300-350
- 250-300



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

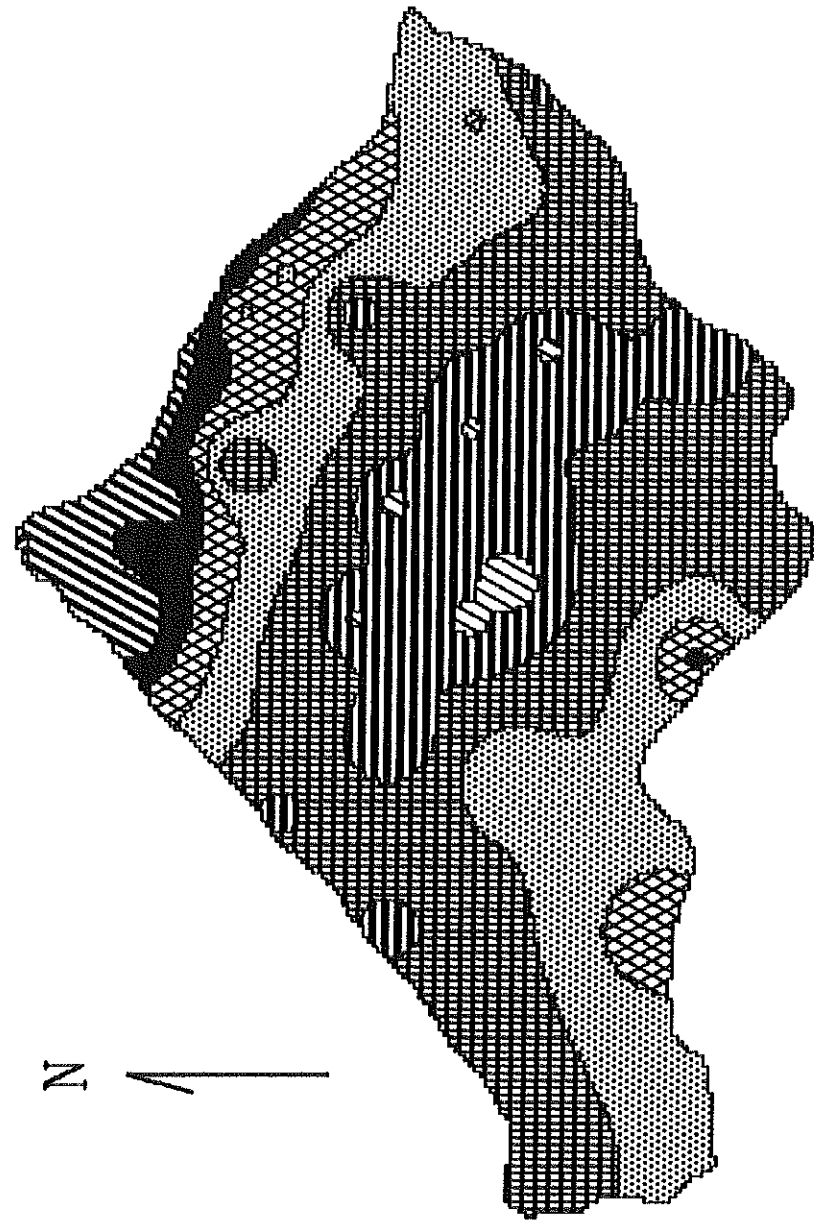
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

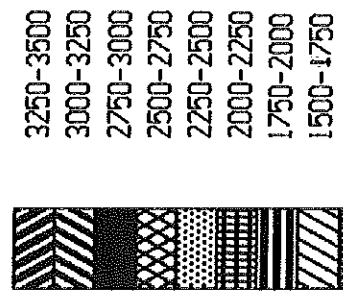
Precipitación promedio anual

243.0

565.0



Lluvia en mm



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

183.0

Realizado por

Rafael Murillo M.

APENDICE B

CUADROS DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Cuadro N°1
Valores de K_T para la distribución Gumbel

Sample size n	5	10	15	20	25	50	75	100	1000
15	0.967	1.703	2.117	2.410	2.632	3.321	3.721	4.005	6.265
20	0.919	1.625	2.023	2.302	2.517	3.179	3.563	3.836	6.006
25	0.888	1.575	1.963	2.235	2.444	3.088	3.463	3.729	5.842
30	0.866	1.541	1.922	2.188	2.393	3.026	3.393	3.653	5.727
35	0.851	1.516	1.891	2.152	2.354	2.979	3.341	3.598	
40	0.838	1.495	1.866	2.126	2.326	2.943	3.301	3.554	5.576
50	0.820	1.466	1.831	2.086	2.283	2.889	3.241	3.491	5.478
60	0.807	1.446	1.806	2.059	2.253	2.852	3.200	3.446	
70	0.797	1.430	1.788	2.038	2.230	2.824	3.169	3.413	5.359
80	0.788	1.417	1.773	2.020	2.212	2.802	3.145	3.387	
90	0.782	1.409	1.762	2.007	2.198	2.785	3.125	3.367	
100	0.779	1.401	1.752	1.998	2.187	2.770	3.109	3.349	5.261
∞	0.719	1.305	1.635	1.866	2.044	2.592	2.911	3.137	4.936

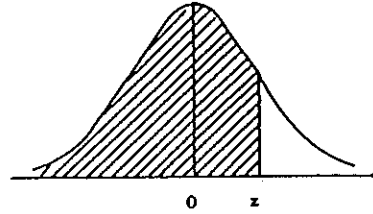
Fuente: Referencia 20.

Cuadro N°2
Valores de K_T para la distribución Pearson Tipo III

Skew Coef. c_s	Recurrence Interval in Years							
	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
3.0	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.8	-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.2	-0.905	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.0	-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.0	-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
.8	-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
.6	-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
.2	-2.178	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-.2	-2.472	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-.6	-2.755	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-1.0	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-2.0	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.2	-3.705	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.4	-3.800	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.6	-3.889	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.8	-3.973	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-3.0	-4.051	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

Fuente: Referencia 20.

Cuadro N°3
Distribución normal estándar acumulada



Valores de F(z)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8035	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Fuente: Referencia 49.

Cuadro N°6
Valores de $\zeta_{\alpha}(p)$ y $\zeta_{1-\alpha}(p)$.

TABLE 1.—Percentage Points of $\zeta(0.90)$ -Distribution such that $(\bar{x} + s_x \zeta_{\alpha}(0.90), \bar{x} + s_x \zeta_{1-\alpha}(0.90))$ is a $100(1 - 2\alpha)\%$ Confidence Interval for the 10-year Event $x_{0.90}$ *

Sample size, n (1)	Probability Level					
	0.005 (2)	0.050 (3)	0.250 (4)	0.750 (5)	0.950 (6)	0.995 (7)
4	-0.007	0.444	0.943	2.134	4.162	9.361
5	0.132	0.519	0.969	1.962	3.407	6.448
6	0.225	0.575	0.990	1.859	3.006	5.143
7	0.295	0.619	1.007	1.790	2.756	4.409
8	0.351	0.655	1.021	1.740	2.582	3.939
9	0.397	0.686	1.033	1.701	2.454	3.611
10	0.436	0.712	1.043	1.671	2.355	3.368
11	0.470	0.734	1.053	1.646	2.275	3.180
12	0.499	0.754	1.061	1.624	2.210	3.030
13	0.525	0.772	1.068	1.606	2.156	2.908
14	0.548	0.788	1.075	1.591	2.109	2.805
15	0.569	0.802	1.081	1.577	2.068	2.718
16	0.588	0.815	1.086	1.565	2.033	2.643
17	0.606	0.828	1.091	1.554	2.002	2.578
18	0.622	0.839	1.096	1.545	1.974	2.520
19	0.637	0.849	1.100	1.536	1.949	2.469
20	0.651	0.858	1.104	1.528	1.926	2.423
22	0.676	0.876	1.112	1.514	1.886	2.344
25	0.708	0.898	1.121	1.497	1.838	2.249
27	0.727	0.911	1.126	1.487	1.811	2.198
30	0.751	0.928	1.133	1.475	1.777	2.133
35	0.785	0.951	1.143	1.458	1.732	2.048
40	0.813	0.970	1.151	1.445	1.697	1.984
45	0.837	0.986	1.158	1.434	1.669	1.932
50	0.857	1.000	1.164	1.426	1.646	1.890
55	0.874	1.012	1.169	1.418	1.626	1.855
60	0.890	1.022	1.173	1.412	1.609	1.825
70	0.916	1.040	1.181	1.401	1.581	1.777
80	0.937	1.054	1.187	1.393	1.559	1.739
90	0.955	1.066	1.192	1.386	1.542	1.708
100	0.970	1.077	1.196	1.380	1.527	1.683

*The 100 α percentile of the $\zeta(0.10)$ -distribution equals minus $\zeta_{1-\alpha}(0.90)$.

Fuente: Referencia 46.

Cuadro N°7
Valores de $\zeta_{\alpha}(p)$ y $\zeta_{1-\alpha}(p)$.

TABLE 2.—Percentage Points of $\zeta(0.98)$ -Distribution such that $[\bar{x} + s_x \zeta_{\alpha}(0.98), \bar{x} + s_x \zeta_{1-\alpha}(0.98)]$ is a $100(1 - 2\alpha)\%$ Confidence Interval for the 50-Year Event $x_{0.98}$ *

Sample size n (1)	Probability Level					
	0.005 (2)	0.050 (3)	0.250 (4)	0.750 (5)	0.950 (6)	0.995 (7)
4	0.642	1.052	1.652	3.306	6.278	4.005
5	0.749	1.131	1.677	3.037	5.122	9.587
6	0.830	1.193	1.699	2.880	4.517	7.626
7	0.896	1.242	1.717	2.775	4.142	6.531
8	0.951	1.283	1.733	2.699	3.884	5.834
9	0.998	1.318	1.747	2.642	3.696	5.350
10	1.038	1.348	1.759	2.597	3.551	4.993
11	1.073	1.374	1.770	2.560	3.435	4.719
12	1.105	1.398	1.779	2.529	3.341	4.501
13	1.133	1.419	1.788	2.503	3.262	4.323
14	1.159	1.437	1.796	2.481	3.195	4.175
15	1.182	1.455	1.803	2.461	3.137	4.049
16	1.204	1.470	1.810	2.444	3.086	3.941
17	1.223	1.485	1.816	2.428	3.042	3.847
18	1.242	1.498	1.821	2.414	3.002	3.764
19	1.259	1.510	1.826	2.402	2.966	3.691
20	1.275	1.522	1.831	2.391	2.934	3.626
22	1.303	1.543	1.840	2.371	2.878	3.513
25	1.341	1.570	1.851	2.346	2.810	3.379
27	1.362	1.585	1.858	2.333	2.773	3.306
30	1.391	1.606	1.866	2.315	2.725	3.215
35	1.432	1.635	1.879	2.292	2.662	3.096
40	1.465	1.658	1.889	2.274	2.614	3.006
45	1.493	1.678	1.897	2.259	2.575	2.935
50	1.518	1.695	1.904	2.247	2.543	2.876
55	1.539	1.710	1.910	2.237	2.516	2.828
60	1.558	1.723	1.916	2.228	2.493	2.786
70	1.589	1.745	1.925	2.214	2.455	2.719
80	1.616	1.763	1.933	2.202	2.425	2.668
90	1.638	1.778	1.939	2.193	2.401	2.626
100	1.656	1.791	1.945	2.185	2.381	2.591

*The 100α percentile of the $\zeta(0.02)$ -distribution equals minus $\zeta_{1-\alpha}(0.98)$.

Fuente: Referencia 46.

Cuadro N°8
Valores de $\zeta_{\alpha}(p)$ y $\zeta_{1-\alpha}(p)$.

TABLE 3.—Percentage Points of $\zeta(0.99)$ -Distribution such that $[x + s_x \zeta_{\alpha}(0.99), x + s_x \zeta_{1-\alpha}(0.99)]$ is a $100(1 - 2\alpha)\%$ Confidence Interval for the 100-Year Event x_{100} .

Sample size, n (1)	Probability Level					
	0.005 (2)	0.050 (3)	0.250 (4)	0.750 (5)	0.950 (6)	0.995 (7)
4	0.821	1.246	1.895	3.726	7.042	15.688
5	0.930	1.331	1.921	3.421	5.741	10.725
6	1.015	1.396	1.944	3.244	5.062	8.526
7	1.083	1.449	1.964	3.126	4.642	7.300
8	1.141	1.493	1.980	3.042	4.354	6.520
9	1.190	1.530	1.995	2.977	4.143	5.979
10	1.232	1.562	2.008	2.927	3.981	5.582
11	1.270	1.591	2.019	2.885	3.852	5.276
12	1.303	1.616	2.029	2.851	3.747	5.032
13	1.333	1.638	2.039	2.822	3.659	4.835
14	1.360	1.658	2.047	2.797	3.585	4.670
15	1.385	1.677	2.055	2.775	3.520	4.530
16	1.408	1.694	2.062	2.756	3.464	4.410
17	1.429	1.709	2.068	2.739	3.414	4.305
18	1.448	1.723	2.074	2.723	3.370	4.213
19	1.466	1.737	2.079	2.709	3.331	4.132
20	1.483	1.749	2.085	2.697	3.295	4.059
22	1.514	1.772	2.094	2.675	3.233	3.935
25	1.554	1.801	2.106	2.648	3.158	3.786
27	1.577	1.817	2.113	2.633	3.117	3.705
30	1.608	1.840	2.123	2.614	3.064	3.604
35	1.652	1.871	2.136	2.588	2.995	3.472
40	1.688	1.896	2.147	2.568	2.941	3.373
45	1.718	1.918	2.156	2.552	2.898	3.294
50	1.744	1.936	2.163	2.538	2.862	3.230
55	1.767	1.952	2.170	2.527	2.833	3.176
60	1.787	1.966	2.176	2.517	2.807	3.130
70	1.822	1.990	2.186	2.501	2.765	3.056
80	1.850	2.010	2.194	2.489	2.733	2.999
90	1.873	2.026	2.201	2.478	2.706	2.953
100	1.894	2.040	2.207	2.470	2.684	2.915

The 100 α percentile of the $\zeta(0.01)$ -distribution equals minus $\zeta_{1-\alpha}(0.99)$.

Fuente: Referencia 46.

Cuadro N°9
Valores de $\zeta_{\alpha}(p)$ y $\zeta_{1-\alpha}(p)$.

Fig. 4.—Percentage Point of $\zeta(0.998)$ -Distribution such that $[x + s_x \zeta_{\alpha}(0.998), x - s_x \zeta_{1-\alpha}(0.998)]$ is a $100(1 - 2\alpha)\%$ Confidence Interval for the 500-Year Event $x_{0.998}$.

Sample size, n (1)	Probability Level					
	0.005 (2)	0.050 (3)	0.250 (4)	0.750 (5)	0.950 (6)	0.995 (7)
4	1.152	1.626	2.384	4.582	8.609	19.144
5	1.273	1.723	2.412	4.205	7.011	13.065
6	1.367	1.799	2.437	3.987	6.180	10.378
7	1.444	1.859	2.459	3.843	5.667	8.882
8	1.509	1.910	2.478	3.740	5.316	7.932
9	1.564	1.952	2.495	3.661	5.060	7.274
10	1.612	1.989	2.509	3.599	4.863	6.791
11	1.654	2.022	2.522	3.549	4.707	6.420
12	1.692	2.051	2.534	3.507	4.579	6.125
13	1.726	2.077	2.544	3.472	4.473	5.885
14	1.757	2.100	2.554	3.442	4.383	5.685
15	1.785	2.121	2.562	3.415	4.305	5.516
16	1.811	2.141	2.570	3.392	4.237	5.371
17	1.835	2.159	2.578	3.371	4.177	5.245
18	1.858	2.175	2.585	3.353	4.124	5.134
19	1.878	2.190	2.591	3.336	4.076	5.036
20	1.898	2.205	2.597	3.321	4.034	4.948
22	1.933	2.231	2.608	3.294	3.959	4.798
25	1.979	2.264	2.622	3.262	3.869	4.619
27	2.006	2.284	2.630	3.243	3.819	4.522
30	2.041	2.310	2.641	3.220	3.756	4.400
35	2.091	2.346	2.656	3.190	3.673	4.243
40	2.133	2.375	2.668	3.166	3.609	4.123
45	2.168	2.400	2.679	3.146	3.557	4.029
50	2.198	2.422	2.688	3.130	3.515	3.952
55	2.225	2.440	2.696	3.117	3.479	3.887
60	2.248	2.457	2.703	3.105	3.449	3.833
70	2.288	2.485	2.714	3.086	3.399	3.745
80	2.321	2.507	2.724	3.071	3.360	3.676
90	2.348	2.526	2.732	3.058	3.328	3.622
100	2.372	2.543	2.739	3.048	3.302	3.576

*The 100α percentile of the $\zeta(0.01)$ -distribution = minus $\zeta_{1-\alpha}(0.99)$.

Fuente: Referencia 46.

APENDICE C

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PRECIPITACION MAXIMA DIARIA

CUADRO No 1

LISTA DE ESTACIONES

CUENCA DEL GRANDE DE TARCOLES

NUMERO	ESTACION	Grados		ELEVACION		(m.s.n INSTITUTE)	Inicio	Final
				Lambert	Norte			
84001	San Jose	09.56'	84.05'	526407	212784	1172	IMN-ICE	1880 1992
84003	La Argentina	10.02'	84.21'	496956	223820	760	IMN	1937 1992
84004	Atenas, Sabana Larga	09.59'	84.23'	493275	218302	696	UCR	1940 1992
84005	Avance de Tres Rios	09.56'	83.58'	539291	212784	1870	IMN	1939 1992
84006	Hda. Concepcion	09.55'	84.00'	535610	210944	1320	IMN	1954 1992
84011	Lornessa, Santa Ana	09.56'	84.11'	515363	212784	909	IMN	1941 1992
84012	Turrucares	09.58'	84.19'	500637	216462	639	IMN	1940 1992
84018	Rancho Redondo	09.57'	83.57	541132	214623	1780	IMN	1951 1992
84019	Hda. La Laguna	09.54'	84.02'	531929	209105	1240	IMN	1954 1992
84021	A. J. Santamaria	10.00'	84.12'	513522	220141	932	IMN	1956 1992
84022	Desamparados	09.54'	84.04'	528247	209105	1162	IMN	1957 1992
84023	Fabio Baubrit	10.01'	84.16'	506159	221980	840	UCR	1961 1992
84024	Hda. Ojo de Agua	09.56'	84.13'	511681	212784	850	IMN	1958 1992
84030	Laguna de Fraijanes	10.05'	84.11'	515363	229338	1500	UCR	1976 1992
84034	Embalse La Garita	09.57'	84.21'	496956	214623	460	ICE	1963 1992
84035	Los Sitios	09.59'	84.03'	530088	218302	1290	AyA	1968 1992
84037	S. Antonio, Escazu	09.54'	84.08'	520885	209105	1380	SENARA	1964 1992
84038	Salitral	09.55'	84.10'	517203	210944	1100	SENARA	1964 1992
84039	S. Juan de Dios	09.53'	84.05'	526407	207266	1330	AyA	1964 1992
84040	Alto de Ochomogo	09.54'	83.57'	541132	209105	1546	IMN	1950 1982
84046	S. Josesito, Heredia	10.02'	84.00'	535610	223820	1450	IMN	1971 1992
84053	Sacramento	10.06'	84.07'	522725	231177	2260	SENARA	1967 1992
84054	Monte La Cruz	10.06'	84.05'	526407	231177	1700	SENARA	1967 1992
84056	Villa Colon	09.55'	84.15'	508000	210944	700	IMN	1968 1992
84058	Telegrafo, Barva	10.05'	84.07'	522725	229338	1177	SENARA	1967 1992
84060	Los Cartagos	10.09'	84.10'	517203	236695	2050	SENARA	1951 1992
84070	El Encierro	10.02'	84.03'	530088	223820	1530	AyA	1971 1992
84071	Zurqui	10.02'	84.01'	533769	223820	1500	AyA	1971 1992
84072	Platanares	10.01'	83.59'	537451	221980	1500	AyA	1972 1980
84073	Las Nubes	09.59'	83.58'	539291	218302	1850	AyA	1938 1992
84074	Aeropuerto Pavas	09.58'	84.08'	520885	216462	997	IMN	1975 1992
84075	Coop. Cafe, Naranjo	10.07'	84.23'	493275	233016	1100	IMN	1970 1992
84078	El Gallito	10.06'	84.05'	526407	231177	2120	AyA	1973 1992
84079	Birri	10.04'	84.08'	520885	227498	1400	AyA	1973 1992
84080	Scott Paper	09.59'	84.11'	515363	218302	920	AyA	1973 1992
84081	Jerico	9.50'	84.04'	528247	201748	1660	AyA	1973 1992
84091	E. C. Ganaderia	09.57'	84.24'	491434	214623	450	IMN	1975 1992
84096	Sabana Norte	09.56'	84.06'	524566	212784	1120	ICE	1974 1992
84111	S. Lucia	10.01'	84.07'	522725	221980	1200	UNA	1982 1992
84115	Sabanilla (UCR)	09.57'	84.03'	530088	214623	1200	UCR-IMN	1982 1992

CUENCA DEL RIO SARAPIQUI

CUADRO No 1

LISTA DE ESTACIONES

69505	Vara Blanca	10.10'	84.09'	519044	238534	1804	ICE	1959	1992
69600	Cerro Zurqui	10.04'	84.01	533769	227498	1500	ICE	1989	1992
69602	Carrillo	10.10'	83.57'	541132	238534	730	ICE	1984	1992
69604	La Montura	10.07'	83.58'	539291	233016	1000	ICE	1984	1992
69606	Rio Claro	10.05'	83.59'	537451	229338	1460	ICE	1984	1992

CUENCA DEL RIO REVENTAZON

73003	Comandancia	09.52'	83.55'	544813	205426	1440	IMN	1941	1986
73011	Sanatorio Duran	09.56'	83.53'	548495	212784	2337	ICE	1943	1992
73018	Linda Vista	9.50'	83.58'	539291	201748	1400	IMN	1951	1992
73022	Pacayas	09.55'	83.49'	555857	210944	1735	IMN	1952	1992
73026	Tapanti	09.46'	83.50'	554017	194391	1203	ICE	1939	1992
73029	El Llano	09.46'	83.52'	550335	194391	1572	ICE	1957	1992
73030	Cordoncillal	09.45'	83.47'	559539	192551	1240	ICE	1960	1992
73041	La Cangreja	09.48	83.58'	539291	198069	1830	ICE	1962	1992
73042	Muneco	09.48'	83.55'	544813	198069	1410	ICE	1962	1992
73046	Cachi Plantel	09.49'	83.48'	557698	199909	1018	ICE	1953	1992
73047	Tucurrique	09.51'	83.45'	563220	203587	770	ICE	1964	1988
73058	Retes Tres	09.58'	83.53'	548495	216462	3100	ICE	1964	1992
73076	INCSA, Agua Caliente	9.50'	83.55'	544813	201748	1325	Part.	1965	1982
73078	Coliblanco	09.57	83.48'	557698	214623	2200	UCR	1970	1983
73081	Volcan Irazu	09.59'	83.51'	552176	218302	3400	IMN	1964	1989
73084	Presa Cachi	09.51'	83.48'	557698	203587	1010	ICE	1970	1992

CUENCA DEL RIO PARRITA

88001	Puriscal	09.51'	84.19'	500637	203587	1102	IMN	1940	1986
88005	San Ignacio de Acosta	09.48'	84.10'	517203	198069	1095	IMN	1950	1979
88009	Tarbaca	09.49	84.07'	522725	199909	1777	IMN	1962	1988
88012	La Lucha	09.45'	84.00	535610	192551	1800	IMN	1961	1965
88014	Palmital	9.50'	84.12'	513522	201748	1160	Aya	1973	1992

CUADRO N°2
SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	84001*	84003	84004	84005	84006	84011	84012	84018	84019
1970	102.2	110.9	65.8	138.5	140.0	62.0	81.0	159.9	107.0
1971	92.6	139.7	133.4	77.5	100.0	83.0	104.0	75.0	80.4
1972	46.9	77.1	87.3	66.5	71.2	67.5	87.5	79.6	76.0
1973	55.9	133.2	154.4	88.0	60.0	88.4	95.0	66.5	66.2
1974	76.4	92.7	64.7	57.0	65.0	74.5	67.5	138.3	64.5
1975	68.3	80.5	64.8	67.0	66.0	55.3	68.0	79.8	72.4
1976	65.0	77.2	80.6	67.0	67.2	65.7	61.0	66.5	65.5
1977	51.0	72.0	114.5	67.0	58.7	54.4	68.5	91.1	58.0
1978	76.7	56.5	59.2	66.5	63.2	75.7	82.5	79.2	82.7
1979	60.0	61.2	90.1	66.5	63.2	69.5	102.0	109.1	67.8
1980	74.7	69.8	99.8	66.0	63.5	87.1	60.0	88.5	65.5
1981	114.6	64.9	93.2	115.5	210.1	59.3	76.0	104.6	95.5
1982		81.8	102.2	113.5	82.0	81.1	64.0	96.6	71.2
1983	75.1	65.0	66.1	74.0	70.2	61.0	104.0	89.0	66.0
1984	85.7	78.7	101.2	126.5	100.2	83.6	83.0	82.6	78.8
1985	83.4	73.0	83.5	80.0	70.0	65.0	100.0	60.2	61.0
1986	67.6	61.5	82.5	88.0	94.2	62.0	103.0	90.0	66.0
1987	85.1	65.2	82.3	72.0	72.4	66.0	58.0	60.6	67.4
1988	102.6	68.8	82.7	107.0	88.1	78.1	82.5	96.6	78.0
1989	79.7	66.2	75.8	93.0		cerró	cerró	135.2	
1990		67.6	80.3	73.5	98.2			96.5	79.0

* A partir de 1983 datos de la estación 84000 Museo Nacional

CUADRO N°2 Continuación
 SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	84021	84022	84023	84024	84030	84034	84035	84038	84039
1970	64.5	72.0	73.2	117.4		99.6	133.5	65.0	108.5
1971	82.1	67.7	135.4	94.0		121.8	72.8	52.1	65.3
1972	65.5	71.0	73.3	65.7		68.6	42.9	46.0	66.4
1973	87.4	70.3	89.3	90.0		129.1	90.4	63.0	61.2
1974	66.4	68.3	78.2	68.2		68.3	93.4	55.9	72.4
1975	73.5	67.0	69.3	96.0		58.1	76.4	52.3	74.0
1976	65.7	73.0	77.7	66.7	95.7	72.5	70.5	53.5	60.3
1977	74.8	63.0	110.0	72.4	109.4	73.9	86.0	54.2	58.7
1978	76.2	80.2	108.2	60.5	80.5	76.9	74.0	100.5	55.9
1979	88.8	74.5	85.4	68.0		93.0	94.5	80.8	95.2
1980	49.2	83.2	72.3	69.2	113.8	85.1	109.5	53.8	88.8
1981	86.5	74.6	74.0	93.5	91.8	71.3	74.5	54.3	100.6
1982	82.6	61.2	58.7	66.0	107.6	65.0	83.1	46.1	63.5
1983	77.0	89.6	76.3	80.2	89.9	79.8	68.0	55.2	88.8
1984	87.6	38.2	69.3	70.5	99.8	87.6	67.7	50.8	63.5
1985	75.9	19.3	81.0	75.5	83.2	75.3	91.8	54.5	73.2
1986	83.8	100.2	96.8	72.2	89.8	68.9	69.5	51.1	49.0
1987	68.3	65.5	84.7	63.5	116.0	80.9	91.5	50.9	63.0
1988	86.2	71.4	115.1	68.0	138.1	89.7	66.1	83.2	77.2
1989	72.3	60.2	85.7	64.0	103.5	88.7	131.6	66.3	84.1
1990	62.5	88.6	65.7	64.0	85.8	75.2	136.1	42.8	63.3

CUADRO N°2 Continuación
SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	84040	84046	84053	84056	84058	84060	84070	84071	84072
1970	111.9		130.3	74.5	84.0	135.2			
1971	87.4	78.8	122.0	80.7	96.3	95.7	66.6	67.4	60.5
1972	107.8	74.0	69.5	80.3	72.0	80.9	62.1	66.5	60.2
1973	116.3	105.7		70.0	72.0	143.4	70.2	65.9	65.0
1974	64.2	112.2	38.6	70.5	70.7	95.8	63.0	65.3	100.2
1975	59.4	83.0	44.6	70.3	47.7	138.2	63.0	100.1	47.0
1976	112.3	90.3	34.6	87.5	76.4	105.4	56.3	95.1	90.0
1977	57.4	79.4	39.9	98.7	74.1	136.0		85.8	60.3
1978	88.5	102.0	70.0	100.4	92.4	86.0		68.9	54.5
1979	83.3	68.5	150.0	145.5	81.0	148.8	50.0	65.8	66.5
1980	66.6	93.8	90.4	130.0	106.4	179.9	54.0	71.1	cerro
1981	94.6	93.9	100.0	100.0	85.8	90.3	40.0	69.0	
1982	62.0	87.0	90.5	73.5	70.2	105.6	71.0	66.4	
1983	cerro	74.1	90.9	96.7	79.9	92.4	69.7	66.3	
1984		81.7	98.6	116.8	82.4	90.8	60.7	67.1	
1985		75.6	97.5	106.3	61.9	93.8	70.3	66.4	
1986		143.4	134.0	82.5	80.4	80.7	71.2	65.6	
1987		84.1	89.2	75.0	48.9	83.4	70.8	66.2	
1988		127.5	117.0	90.0	cerro	80.5	70.8	66.6	
1989		126.7	110.5	63.0		74.2	69.0	66.0	
1990		57.4	80.4	100.5		68.7	70.9	67.7	

CUADRO N°2 Continuación
 SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	84073	84074	84075	84078	84079	84080	84081	84091	84096
1970									
1971	65.5		111.7						
1972	76.5		73.3						
1973	76.5		90.4	48.0	38.5	50.0	48.0		
1974	75.5		153.2	54.5	46.0	55.0	50.0		55.7
1975	66.0	66.8	71.7	51.0	47.5	48.0	51.0	64.8	150.5
1976	66.0	48.2	90.6	53.0	80.0	50.0	78.0	67.5	56.4
1977	67.0	66.9	80.8	79.0	45.5	52.0	65.0	75.6	70.2
1978	68.0	66.6	79.7	103.0	44.5	59.0	50.0	76.6	61.6
1979	64.7	49.9	66.1	82.0	48.5	57.0	80.0	67.0	43.5
1980	73.5	90.2	71.5	100.0	49.5		85.0	76.5	74.3
1981	67.0	69.3	86.2	126.0	42.5	90.1	80.5	119.0	77.4
1982	66.2	103.6	88.4	201.2	44.5	111.2	90.2	70.6	66.7
1983	66.4	60.5	91.1	163.0	41.0	61.0	83.0	75.5	69.6
1984	66.6	58.8	71.6	102.6	40.5	135.0	80.0	81.0	68.0
1985	67.5	57.6	83.5	79.9	97.2	145.0	80.0	102.5	103.0
1986	67.4	48.2	102.0	117.3	82.0	73.8	80.0	134.0	104.0
1987	67.8	71.9	119.6	115.1	62.0	64.1	85.0	66.5	94.7
1988	67.6	67.6	83.5	192.6	111.0	81.3	80.0	90.2	61.1
1989	66.7	98.2	101.7	104.3	80.3	75.9	85.0	82.0	78.7
1990	66.7	61.8	72.3	100.2	86.8	74.3	80.0	87.4	60.5

CUADRO N°2 Continuación
SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	73003	73011	73015	73018	73022	73026	73029	73030	73041
1970	115.2	134.8		55.5	138.0	147.5	188.3	359.4	57.9
1971	51.8	85.0		84.0	68.0	75.1	59.9	103.5	66.9
1972	47.8	55.6	80.0	88.0	57.0	58.7	76.4	102.5	45.8
1973	70.6	54.3	73.5	73.0	65.0	95.9	70.3	128.0	59.6
1974	55.2	55.4	101.0	67.5	107.5	141.3	118.1	196.3	66.1
1975	93.4	70.3	53.5	201.0	49.0	88.6	88.2	144.6	64.3
1976	58.9	51.6	75.5	70.0	136.0	78.5	86.2	95.8	59.5
1977	68.2	69.9	60.0	55.0	85.5	90.7	66.2	65.6	80.5
1978	70.7	78.6	67.0	64.5	76.5	70.0	68.5	89.4	49.6
1979	87.0	70.9	58.0	60.2	145.3	68.4	76.1	94.3	79.7
1980	95.6	63.7	89.4	55.5	82.0	114.3	85.1	163.7	56.5
1981	81.1	54.7	54.4	71.1	70.6	96.4	109.5	107.7	88.8
1982	73.7	62.9	59.0	60.4	91.5	81.2	86.3	160.5	62.5
1983	69.5	52.2	58.3	58.5	59.5	95.6	85.0	210.6	65.7
1984	66.2	78.5	73.5	79.7	79.5	90.7	105.0	133.3	85.1
1985	48.0	48.2	48.0	60.8	56.0	87.8	64.8	133.5	49.8
1986	70.5	77.3	cerro'	64.2	60.3	90.3	57.4	127.7	79.7
1987	cerro'	73.0		85.4	170.7	82.9	73.3	119.6	84.5
1988		110.0		70.8	82.8	115.5	82.8	222.4	72.3
1989		41.0		62.9	67.1	130.0	66.3	160.3	65.2
1990		79.0		73.7	107.9	114.3	94.6	131.3	90.5

CUADRO N°2 Continuación
 SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	73042	73046	73047	73058	73076	73078	73081	73084
1970	114.8	146.0	270.7		126.0	159.3	239.3	162.0
1971	64.9	65.7	116.4	62.5	72.5	75.1	64.2	62.0
1972	49.6	62.1	71.1	76.5	82.5	70.0	71.1	69.0
1973	87.3	55.9	63.6	74.0	85.0	50.9	139.9	54.0
1974	56.6	79.9	148.3		87.5	74.0	133.8	78.0
1975	122.1	84.6	106.8		75.5	61.0	111.8	72.0
1976	55.1	74.3	114.5	48.7	30.0	100.0	62.0	73.0
1977	57.2	53.4	71.4	92.8	83.0	90.4	105.0	56.0
1978	90.1	75.6	85.5	48.8	80.0	96.6	57.0	64.0
1979	133.0	57.1	65.5	64.4	87.5	80.2	51.8	52.0
1980	63.1	116.0	103.8	150.6	100.8	66.6	138.6	121.0
1981		82.1	105.9	110.8	72.5	95.4	155.6	85.0
1982	76.2	62.5	66.5	67.0	56.0	94.0	48.6	80.0
1983	66.7	65.4	68.1	55.8	cerro'	60.4	66.9	65.0
1984	112.1	168.1	167.1	95.8		cerro'	59.9	150.0
1985	55.5	69.5	84.9	72.4			54.2	65.0
1986	38.3	77.2	133.6	61.7			61.2	72.0
1987	67.2	116.9	90.6	cerro'			108.0	95.0
1988		75.8	105.6				120.2	63.0
1989	107.9	93.9	68.0				80.6	66.0
1990	52.8	84.7	75.3				cerro'	72.0

CUADRO N°2 Continuación
SERIES MAXIMAS ANUALES

Estación	69505	69600	69602	69604	69606	88001	88005	88009	88014
1970	196.6					71.0	72.5	90.0	
1971	184.5					36.7	97.0		
1972	131.8					91.8	60.0	60.0	
1973	171.2					183.7	60.0		39.0
1974	199.0					99.2			73.0
1975	160.6					66.3	69.7	70.0	69.0
1976	126.7					88.8	54.5	64.1	50.0
1977	211.1					71.1	61.5	80.0	55.5
1978	96.2					107.2	68.6	60.6	90.5
1979	86.9					84.5	120.0	63.1	79.0
1980	158.7						cerro'	102.4	85.0
1981	157.1					70.0		53.0	110.0
1982	220.9					75.0			86.0
1983	93.7					65.5			85.2
1984	108.6		186.4	432.0	106.9	65.2			83.9
1985	128.8		205.3	185.9	151.0	150.0			85.0
1986	132.0		172.0	391.0	153.3	cerro'			111.0
1987	124.0		200.1	409.6	154.7				69.9
1988	203.6		202.4	279.9	111.3				100.0
1989	99.4	165.3		134.6	126.1				93.0
1990	85.9	104.4		155.3					79.0
1991	131.8	145.8	177.7	176.9					162.2
1992	61.6	108.0	288.6	169.4					100.5

CUADRO N°3
DISTRIBUCION GUMBEL
VALORES ESTIMADOS DE
PRECIPITACION MAXIMA DIARIA

Lluvia en mm.

Estación	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
84001	74.1	89.9	100.4	106.3	110.4	113.6	123.4	133.2
84003	75.5	95.4	108.6	116.0	121.2	125.2	137.5	149.8
84004	84.9	105.6	119.3	127.1	132.5	136.6	149.5	162.2
84005	80.5	100.8	114.2	121.8	127.1	131.2	143.8	156.3
84006	79.3	110.7	131.5	143.3	151.5	157.8	177.3	196.7
84011	68.7	78.2	84.5	88.0	90.5	92.4	98.3	104.1
84012	78.8	93.2	102.7	108.1	111.8	114.7	123.7	132.6
84018	88.4	111.2	126.3	134.6	140.8	145.3	159.5	173.5
84019	71.5	82.0	88.9	92.8	95.6	97.7	104.2	110.6
84021	73.4	82.6	88.7	92.2	94.6	96.5	102.2	107.9
84022	66.7	81.7	91.7	97.3	101.3	104.3	113.7	123.0
84023	81.7	98.3	109.3	115.5	119.8	123.2	133.5	143.7
84024	73.1	86.0	94.5	99.3	102.6	105.2	113.2	121.1
84030	97.8	111.7	120.9	126.0	129.7	132.5	141.1	149.6
84034	79.5	95.0	105.3	111.1	115.1	118.2	127.9	137.4
84035	82.9	104.2	118.2	126.2	131.7	136.0	149.2	162.3
84038	56.4	68.8	76.9	81.6	84.8	87.3	95.0	102.6
84039	70.4	84.4	93.6	98.9	102.5	105.3	114.0	122.6
84040	81.9	101.3	114.2	121.4	126.5	130.4	142.5	154.4
84046	88.4	107.7	120.5	127.7	132.7	136.6	148.6	160.5
84053	84.5	113.7	133.0	144.0	151.6	157.5	175.6	193.6
84056	87.6	106.3	118.7	125.7	130.6	134.3	145.9	157.5
84058	74.4	87.4	96.0	100.9	104.3	106.9	115.0	123.0
84060	100.1	126.4	143.7	153.5	160.4	165.7	182.0	198.1

CUADRO N°3 Continuación
 DISTRIBUCION GUMBEL
 VALORES ESTIMADOS DE
 PRECIPITACION MAXIMA DIARIA

Lluvia en mm.

Estación	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
84070	62.4	70.2	75.4	78.3	80.4	81.9	86.8	91.6
84071	69.3	78.3	84.2	87.6	89.9	91.7	97.3	102.8
84072	64.3	79.4	89.4	95.0	98.9	102.0	111.3	120.6
84073	67.9	71.2	73.3	74.6	75.4	76.1	78.2	80.2
84074	65.2	79.8	89.4	94.9	98.7	101.6	110.7	119.7
84075	86.1	104.3	116.4	123.2	127.9	131.6	142.9	154.2
84078	96.7	136.3	162.6	177.4	187.8	195.8	220.4	244.9
84079	56.7	76.8	90.1	97.6	102.9	106.9	119.4	131.8
84080	70.6	96.6	113.9	123.6	130.4	135.7	151.8	167.8
84081	71.6	84.1	92.4	97.1	100.4	102.9	110.7	118.4
84091	80.3	97.7	109.2	115.7	120.2	123.7	134.5	145.2
84096	72.1	94.4	109.1	117.4	123.3	127.8	141.6	155.3
73003	69.0	85.0	95.7	101.6	105.8	109.1	119.0	128.9
73011	66.3	85.3	97.9	105.1	110.0	113.9	125.7	137.4
73015	65.5	78.8	87.6	92.5	96.0	98.7	106.9	115.1
73018	69.3	96.4	114.4	124.5	131.6	137.0	153.9	170.6
73022	82.8	112.6	132.4	143.5	151.3	157.3	175.8	194.1
73026	92.0	112.8	126.6	134.4	139.8	144.0	156.9	169.7
73029	81.4	106.5	123.2	132.5	139.1	144.2	159.7	175.2
73030	134.8	190.9	228.1	249.1	263.8	275.1	309.9	344.5
73041	65.9	77.7	85.5	89.9	93.0	95.4	102.7	109.9
73042	72.8	97.6	114.0	123.3	129.8	134.8	150.2	165.5
73046	79.2	105.5	122.9	132.8	139.6	144.9	161.3	177.4
73047	96.1	138.4	166.4	182.2	193.3	201.8	228.1	254.1
73058	72.7	97.2	113.3	122.5	128.9	133.8	149.0	164.0

CUADRO N°3 Continuación
 DISTRIBUCION GUMBEL
 VALORES ESTIMADOS DE
 PRECIPITACION MAXIMA DIARIA

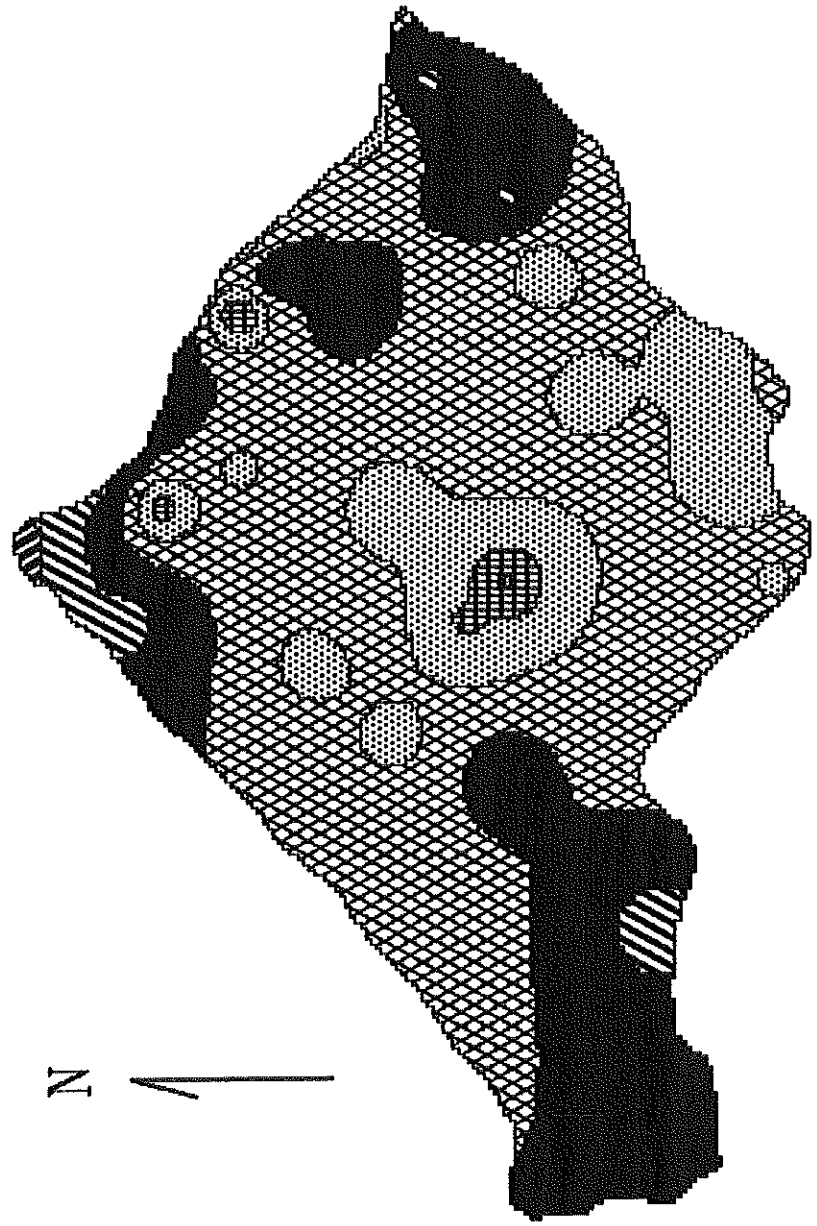
Lluvia en mm.

Estación	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
73076	76.3	95.9	108.9	116.2	121.3	125.3	137.4	149.5
73078	79.5	103.0	118.6	127.4	133.6	138.3	152.9	167.4
73081	88.0	131.0	159.5	175.6	186.8	195.5	222.2	248.7
73084	75.0	101.1	118.4	128.1	135.0	140.2	156.4	172.5
69505	139.3	178.1	203.8	218.3	228.5	236.3	260.4	284.3
69600	126.0	152.2	169.5	179.3	186.1	191.4	207.7	223.8
69602	191.0	203.2	211.4	216.0	219.2	221.7	229.3	236.9
69604	263.1	375.8	450.5	492.6	522.1	544.8	614.8	684.2
69606	130.3	149.7	162.5	169.7	174.8	178.7	190.7	202.6
88001	82.4	114.7	136.1	148.2	156.6	163.1	183.2	203.1
88005	70.3	89.1	101.5	108.5	113.5	117.2	128.9	140.5
88009	68.8	83.1	92.6	97.9	101.6	104.5	113.4	122.2
88014	77.1	93.9	105.0	111.2	115.6	119.0	129.4	139.8

243.0

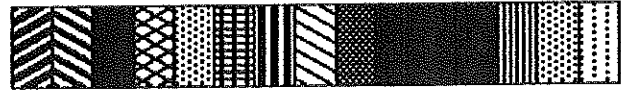
565.0

Precipitacion maxima diaria T=5 aos



Lluvia en mm

- 120-130
- 110-120
- 100-110
- 90-100
- 80- 90
- 70- 80
- 60- 70



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

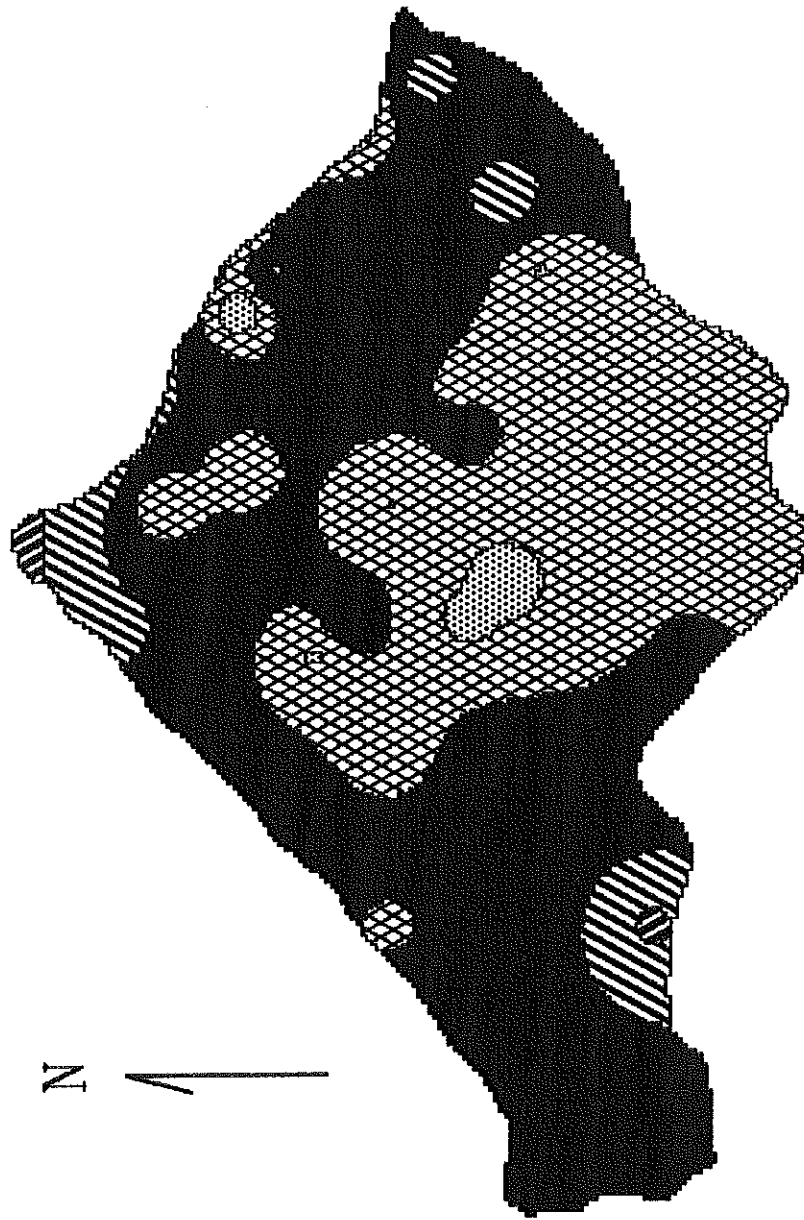
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Precipitación máxima diaria T=10 años

243.0

565.0



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

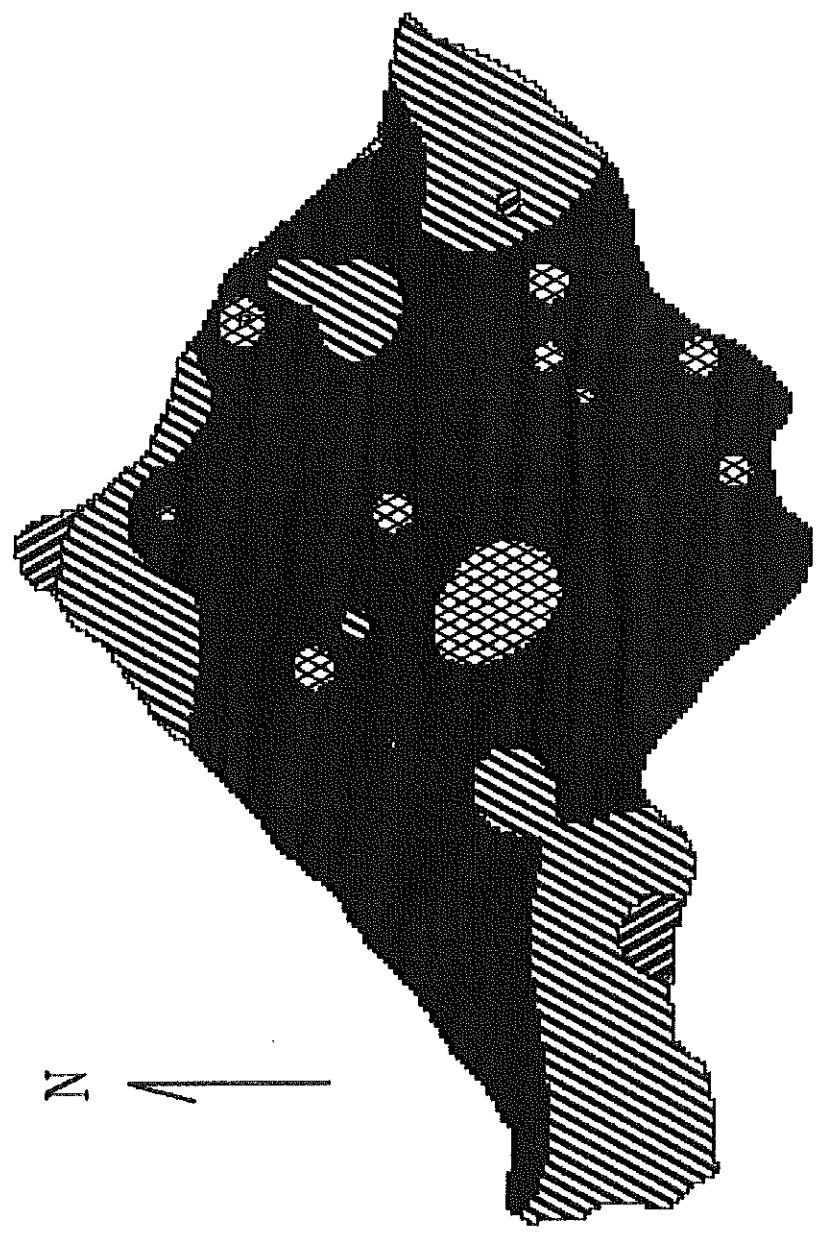
481.0 1970 - 1990

183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

243.0
565.0

Precipitación máxima diaria T=15 años



Lluvia en mm

- 140-160
- 120-140
- 100-120
- 80-100
- 60- 80



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

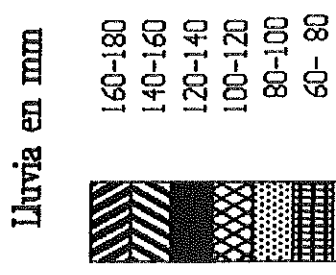
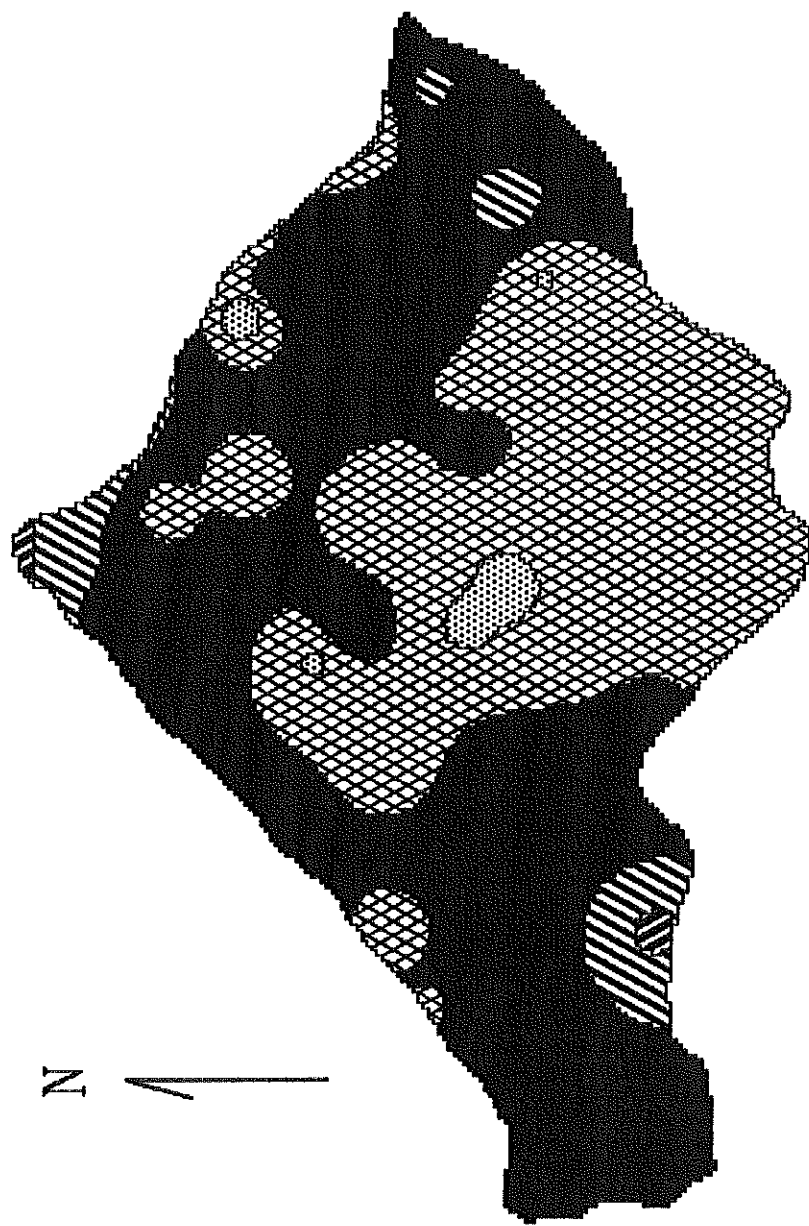
1970 - 1990

481.0

183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Precipitación máxima diaria T=25 años
 243.0
 565.0



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por
 Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

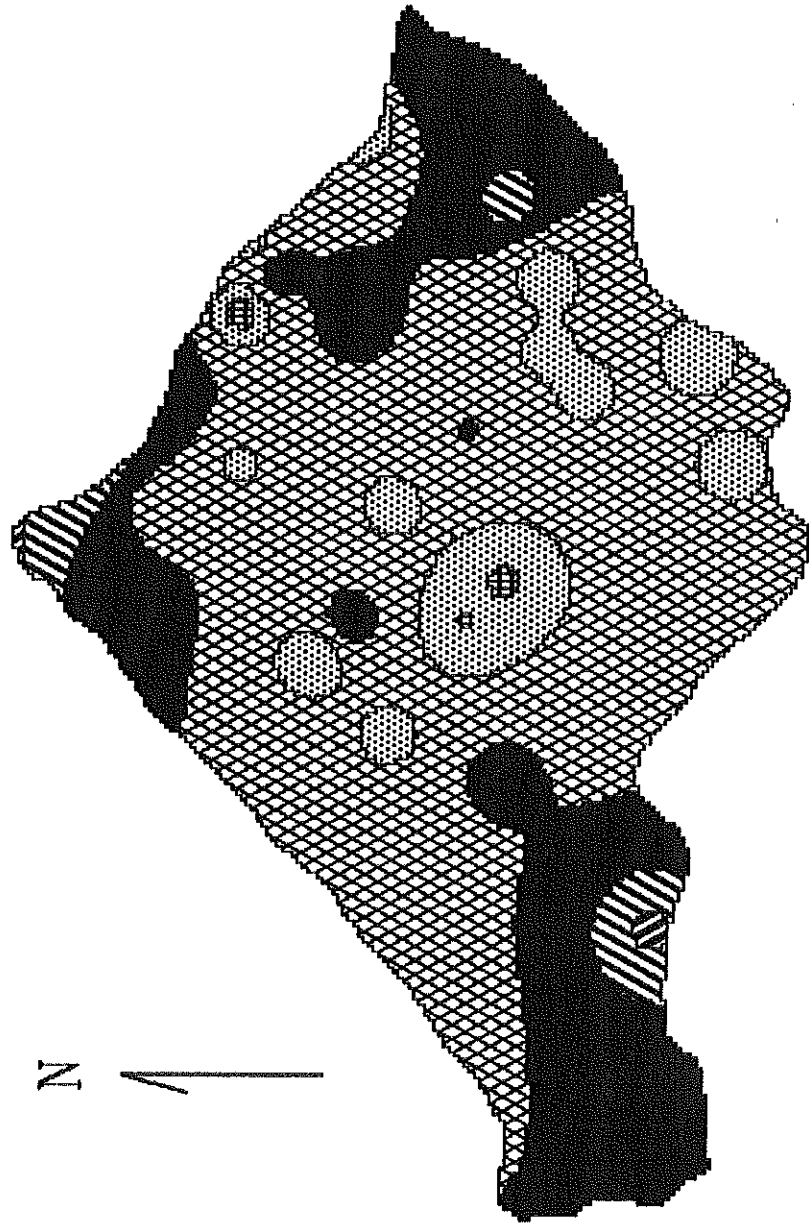
481.0 1970 - 1990

183.0

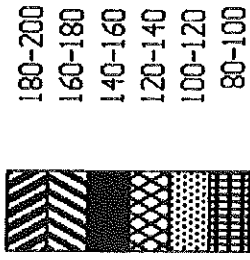
Precipitación máxima diaria T=50 años

243.0

565.0



Lluvia en mm



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

183.0

Realizado por

Rafael Murillo M.

APENDICE D

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE IDF

Cuadro No 1

Coeficientes de ecuaciones para curvas IDF

	San José		Aeropuerto		La Garita	
	t<=60	t>60	t<=60	t>60	t<=60	t>60
C	466.802	1507.594	355.830	5042.872	431.764	5364.445
m	0.156	0.205	0.131	0.183	0.150	0.237
n	0.555	0.825	0.445	1.020	0.492	1.051
d	8.768	0.000	0.000	33.030	7.617	30.900
r ²	0.965	0.957	0.963	0.941	0.950	0.927
r	0.982	0.978	0.981	0.970	0.975	0.963

	San Josecito		Pavas		Naranjo	
	t<=60	t>60	t<=60	t>60	t<=60	t>60
C	430.474	4716.071	445.609	1559.032	584.873	3049.924
m	0.160	0.151	0.132	0.178	0.131	0.221
n	0.522	0.977	0.518	0.845	0.601	0.926
d	9.036	59.875	5.441	6.626	5.982	53.441
r ²	0.955	0.953	0.946	0.960	0.962	0.952
r	0.977	0.976	0.973	0.980	0.981	0.976

	Sabana Norte		Santa Lucia		Sabanilla	
	t<=60	t>60	t<=60	t>60	t<=60	t>60
C	902.865	2998.354	358.921	3614.656	203.870	1013.837
m	0.159	0.242	0.166	0.123	0.143	0.272
n	0.740	0.969	0.414	0.923	0.361	0.765
d	10.301	49.085	1.582	0.000	0.000	0.000
r ²	0.956	0.965	0.943	0.912	0.961	0.962
r	0.978	0.982	0.971	0.955	0.981	0.981

Cuadro No 1 (continuacion)

Coefficientes de ecuaciones para curvas IDF

	Vara Blanca	
	t ≤ 60	t > 60
C	236.691	4701.639
m	0.145	0.164
n	0.428	0.995
d	0.000	50.285
r ²	0.983	0.925
r	0.991	0.962

CUADRO No 2

Valores de intensidad en la estación:

SAN JOSE

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	123.0	144.5	163.2	175.2	184.3	191.7	216.5	244.5
10	103.6	121.7	137.4	147.5	155.2	161.4	182.3	205.9
15	90.8	106.7	120.5	129.4	136.1	141.6	159.9	180.6
20	81.7	96.0	108.4	116.4	122.4	127.3	143.8	162.4
25	74.8	87.8	99.2	106.5	112.0	116.5	131.6	148.6
30	69.2	81.3	91.9	98.6	103.8	107.9	121.9	137.6
60	50.4	59.2	66.8	71.8	75.5	78.5	88.7	100.1
120	33.4	40.3	46.5	50.5	53.6	56.1	64.6	74.5
360	13.5	16.3	18.8	20.4	21.6	22.7	26.1	30.1
720	7.6	9.2	10.6	11.5	12.2	12.8	14.7	17.0
1440	4.3	5.2	6.0	6.5	6.9	7.2	8.3	9.6

Valores en mm/hr.

CUADRO No 3

Valores de intensidad en la estación:

AEROPUERTO

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	190.2	214.4	234.7	247.5	257.0	264.6	289.7	317.1
10	139.7	157.5	172.4	181.8	188.7	194.3	212.7	232.9
15	116.6	131.5	143.9	151.7	157.6	162.2	177.6	194.4
20	102.6	115.7	126.6	133.5	138.6	142.7	156.2	171.0
25	92.9	104.7	114.6	120.9	125.5	129.2	141.5	154.9
30	85.7	96.6	105.7	111.4	115.7	119.1	130.4	142.8
60	62.9	70.9	77.6	81.9	85.0	87.5	95.8	104.9
120	33.8	40.0	45.4	49.0	51.6	53.8	61.0	69.3
360	12.9	15.3	17.4	18.7	19.7	20.5	23.3	26.5
720	6.7	7.9	8.9	9.6	10.2	10.6	12.0	13.6
1440	3.4	4.0	4.5	4.9	5.1	5.3	6.1	6.9

Valores en mm/hr.

CUADRO No 4

Valores de intensidad en la estación:

LA GARITA

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	137.7	158.0	175.3	186.2	194.5	201.1	223.1	247.5
10	116.8	134.1	148.7	158.0	165.0	170.6	189.3	210.0
15	103.3	118.6	131.5	139.8	145.9	150.9	167.4	185.8
20	93.7	107.5	119.2	126.7	132.3	136.8	151.8	168.4
25	86.3	99.0	109.9	116.7	121.9	126.0	139.8	155.1
30	80.5	92.3	102.4	108.8	113.6	117.5	130.4	144.6
60	60.3	69.2	76.8	81.6	85.2	88.1	97.7	108.4
120	32.4	40.3	47.5	52.3	56.0	59.0	69.5	82.0
360	11.9	14.8	17.4	19.2	20.6	21.7	25.6	30.1
720	6.0	7.5	8.8	9.7	10.4	10.9	12.9	15.2
1440	3.0	3.7	4.3	4.8	5.1	5.4	6.3	7.5

Valores en mm/hr.

CUADRO No 5

Valores de intensidad en la estación:

SAN JOSECITO

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	121.0	140.2	156.6	167.2	175.1	181.4	202.8	226.6
10	103.2	119.5	133.6	142.6	149.3	154.7	172.9	193.2
15	91.4	105.8	118.3	126.2	132.2	137.0	153.1	171.1
20	82.8	95.9	107.2	114.3	119.7	124.1	138.7	155.0
25	76.2	88.2	98.6	105.2	110.2	114.2	127.6	142.6
30	70.9	82.2	91.8	98.0	102.6	106.3	118.8	132.8
60	52.7	61.0	68.2	72.7	76.2	78.9	88.2	98.6
120	33.0	37.9	42.1	44.8	46.8	48.4	53.7	59.6
360	14.4	16.5	18.4	19.5	20.4	21.1	23.4	26.0
720	7.9	9.0	10.0	10.7	11.1	11.5	12.8	14.2
1440	4.1	4.8	5.3	5.6	5.9	6.1	6.7	7.5

Valores en mm/hr.

CUADRO No 6

Valores de intensidad en la estación: PAVAS

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	144.8	163.5	179.2	189.0	196.4	202.2	221.6	242.9
10	118.2	133.5	146.3	154.3	160.3	165.1	181.0	198.3
15	102.2	115.4	126.5	133.5	138.6	142.8	156.5	171.5
20	91.3	103.0	112.9	119.1	123.8	127.5	139.7	153.1
25	83.2	93.9	102.9	108.6	112.8	116.2	127.3	139.5
30	76.9	86.8	95.1	100.3	104.2	107.4	117.7	128.9
60	55.9	63.2	69.2	73.0	75.9	78.1	85.6	93.8
120	29.4	34.7	39.2	42.1	44.4	46.2	52.2	59.1
360	12.0	14.1	16.0	17.2	18.1	18.8	21.3	24.0
720	6.7	7.9	9.0	9.6	10.1	10.5	11.9	13.5
1440	3.8	4.4	5.0	5.4	5.7	5.9	6.7	7.5

Valores en mm/hr.

CUADRO No 7

Valores de intensidad en la estación:

COOP. CAFE, NARANJO

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	151.6	170.9	187.2	197.4	205.0	211.1	231.2	253.2
10	121.0	136.4	149.4	157.5	163.6	168.5	184.5	202.0
15	102.7	115.8	126.8	133.7	138.9	143.0	156.6	171.5
20	90.3	101.8	111.5	117.6	122.1	125.8	137.7	150.8
25	81.2	91.6	100.3	105.8	109.9	113.1	123.9	135.7
30	74.3	83.7	91.7	96.7	100.4	103.4	113.2	124.0
60	51.6	58.1	63.7	67.1	69.7	71.8	78.6	86.1
120	29.9	36.7	42.7	46.7	49.8	52.3	60.9	71.0
360	13.4	16.4	19.1	20.9	22.3	23.4	27.3	31.8
720	7.5	9.2	10.7	11.7	12.5	13.1	15.3	17.8
1440	4.1	5.0	5.8	6.4	6.8	7.1	8.3	9.7

Valores en mm/hr.

CUADRO No 8

Valores de intensidad en la estación:

SABANA NORTE

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	133.9	154.9	173.0	184.5	193.1	200.1	223.4	249.4
10	108.6	125.7	140.3	149.6	156.6	162.3	181.2	202.3
15	92.3	106.8	119.2	127.2	133.1	137.9	154.0	171.9
20	80.8	93.4	104.3	111.3	116.5	120.7	134.7	150.4
25	72.2	83.5	93.2	99.4	104.0	107.8	120.3	134.3
30	65.4	75.7	84.5	90.1	94.3	97.7	109.1	121.8
60	43.3	50.1	56.0	59.7	62.5	64.7	72.3	80.7
120	24.5	30.6	36.2	40.0	42.8	45.2	53.5	63.2
360	10.4	13.0	15.4	17.0	18.2	19.2	22.7	26.8
720	5.7	7.1	8.3	9.2	9.9	10.4	12.3	14.6
1440	3.0	3.7	4.4	4.9	5.2	5.5	6.5	7.7

Valores en mm/hr.

CUADRO No 9

Valores de intensidad en la estación:

SANTA LUCIA

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	184.5	214.9	241.2	258.0	270.7	280.9	315.3	353.8
10	146.0	170.1	190.8	204.2	214.2	222.3	249.4	279.9
15	125.8	146.6	164.5	176.0	184.6	191.6	215.0	241.3
20	112.8	131.4	147.5	157.8	165.5	171.8	192.7	216.3
25	103.5	120.5	135.3	144.7	151.8	157.5	176.8	198.4
30	96.4	112.2	125.9	134.7	141.3	146.7	164.6	184.7
60	73.1	85.1	95.5	102.2	107.2	111.2	124.8	140.1
120	47.4	53.0	57.8	60.7	62.9	64.6	70.4	76.6
360	17.2	19.2	21.0	22.0	22.8	23.4	25.5	27.8
720	9.1	10.1	11.0	11.6	12.0	12.4	13.5	14.7
1440	4.8	5.4	5.8	6.1	6.3	6.5	7.1	7.7

Valores en mm/hr.

CUADRO No 10

Valores de intensidad en la estación:

SABANILLA

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	126.0	143.7	158.7	168.2	175.3	181.0	199.8	220.7
10	98.1	111.9	123.6	131.0	136.5	140.9	155.6	171.9
15	84.8	96.7	106.8	113.2	117.9	121.7	134.5	148.5
20	76.4	87.1	96.2	102.0	106.3	109.7	121.2	133.9
25	70.5	80.4	88.8	94.1	98.1	101.3	111.8	123.5
30	66.0	75.3	83.1	88.1	91.8	94.8	104.7	115.7
60	51.4	58.6	64.8	68.6	71.5	73.8	81.6	90.1
120	31.5	40.4	48.7	54.4	58.8	62.5	75.4	91.0
360	13.6	17.4	21.0	23.5	25.4	27.0	32.6	39.3
720	8.0	10.3	12.4	13.8	14.9	15.9	19.2	23.1
1440	4.7	6.0	7.3	8.1	8.8	9.3	11.3	13.6

Valores en mm/hr.

CUADRO No 11

Valores de intensidad en la estación:

VARA BLANCA

Tiempo (minutos)	Periodo de Retorno (años)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	131.5	150.2	166.1	176.2	183.7	189.8	209.9	232.1
10	97.8	111.7	123.5	131.0	136.6	141.1	156.0	172.6
15	82.2	93.9	103.8	110.1	114.8	118.6	131.2	145.1
20	72.7	83.0	91.8	97.4	101.5	104.9	116.0	128.3
25	66.1	75.5	83.5	88.5	92.3	95.3	105.4	116.6
30	61.1	69.8	77.2	81.9	85.4	88.2	97.5	107.9
60	45.4	51.9	57.4	60.9	63.5	65.6	72.5	80.2
120	31.8	36.9	41.4	44.2	46.3	48.1	53.8	60.3
360	13.3	15.4	17.2	18.4	19.3	20.0	22.4	25.1
720	7.1	8.2	9.2	9.8	10.3	10.7	12.0	13.4
1440	3.7	4.3	4.8	5.1	5.4	5.6	6.2	7.0

Valores en mm/hr.

Cuadro No 12

Diferencia en estimaciones de intensidad segun PDF e IDF

Estacion San Jose

tiempo (min)	T= 5 años			T= 10 años			T= 25 años		
	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error
5'	170.4	144.5	17.92%	190.8	163.2	16.91%	216.0	191.7	12.68%
10'	127.2	121.7	4.52%	143.4	137.4	4.37%	162.0	161.4	0.37%
15'	113.2	106.7	6.09%	127.2	120.5	5.56%	143.6	141.6	1.41%
60'	59.0	59.2	-0.34%	66.3	66.8	-0.75%	74.9	78.5	-4.59%
360'	13.8	16.3	-15.34%	15.4	18.8	-18.09%	17.4	22.7	-23.35%

Estacion A. J. Santamaria

tiempo (min)	T= 5 años			T= 10 años			T= 25 años		
	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error
5'	150.0	214.4	-30.04%	169.0	234.7	-27.99%	190.8	264.6	-27.89%
10'	112.8	157.5	-28.38%	126.6	172.4	-26.57%	142.8	194.3	-26.51%
15'	100.0	131.5	-23.95%	112.4	143.9	-21.89%	127.2	162.2	-21.58%
60'	52.1	70.9	-26.52%	58.5	77.6	-24.61%	66.2	87.5	-24.34%
360'	12.7	15.3	-16.99%	13.6	17.4	-21.84%	14.8	20.5	-27.80%

Cuadro No 12 (continuacion)

Diferencia en estimaciones de intensidad segun PDF e IDF

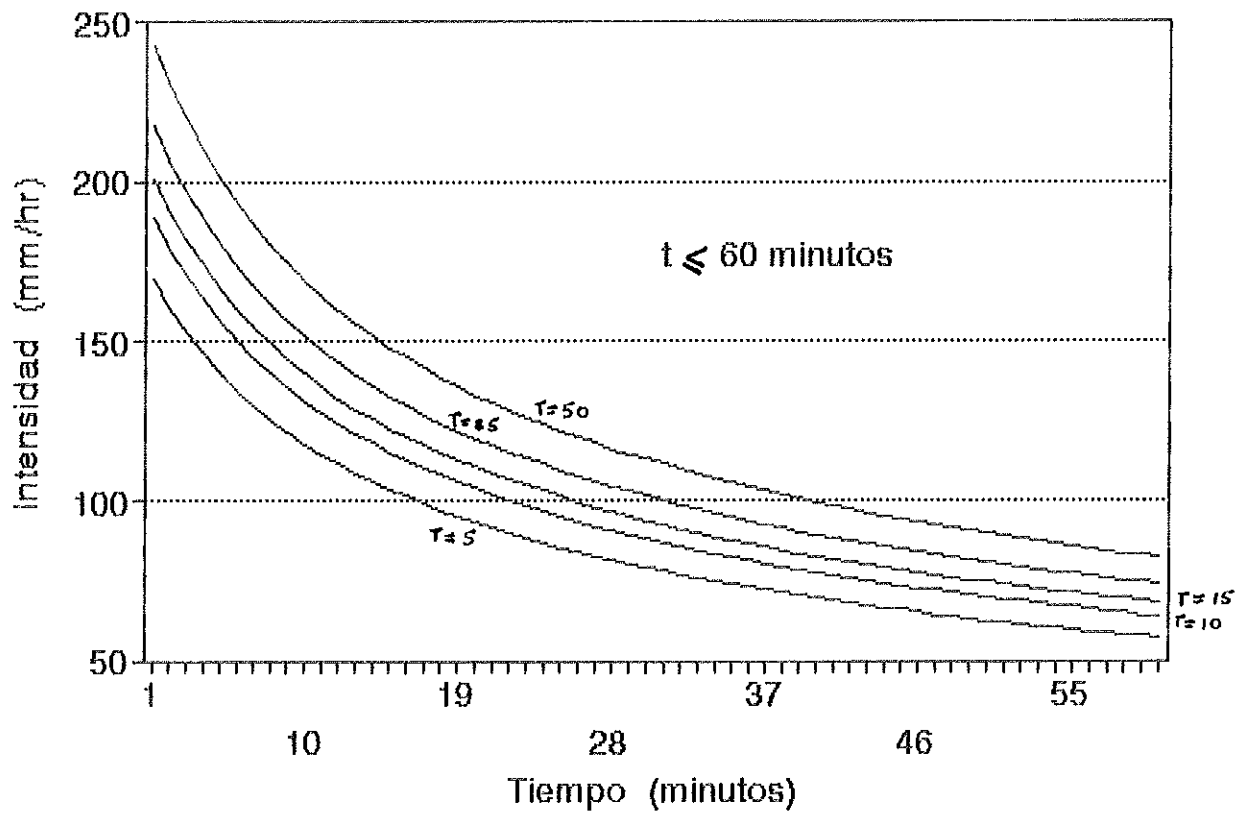
Estacion Santa Lucia

tiempo (min)	T= 5 años			T= 10 años			T= 25 años		
	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error
5'	182.4	214.9	-15.12%	204.0	241.2	-15.42%	231.6	280.9	-17.55%
10'	136.8	170.1	-19.58%	153.6	190.8	-19.50%	173.4	222.3	-22.00%
15'	121.2	146.6	-17.33%	136.4	164.5	-17.08%	154.0	191.6	-19.62%
60'	63.2	85.1	-25.73%	71.0	95.5	-25.65%	80.2	111.2	-27.88%
360'	15.5	19.2	-19.27%	16.5	21.0	-21.43%	17.8	23.4	-23.93%

Estacion Vara Blanca

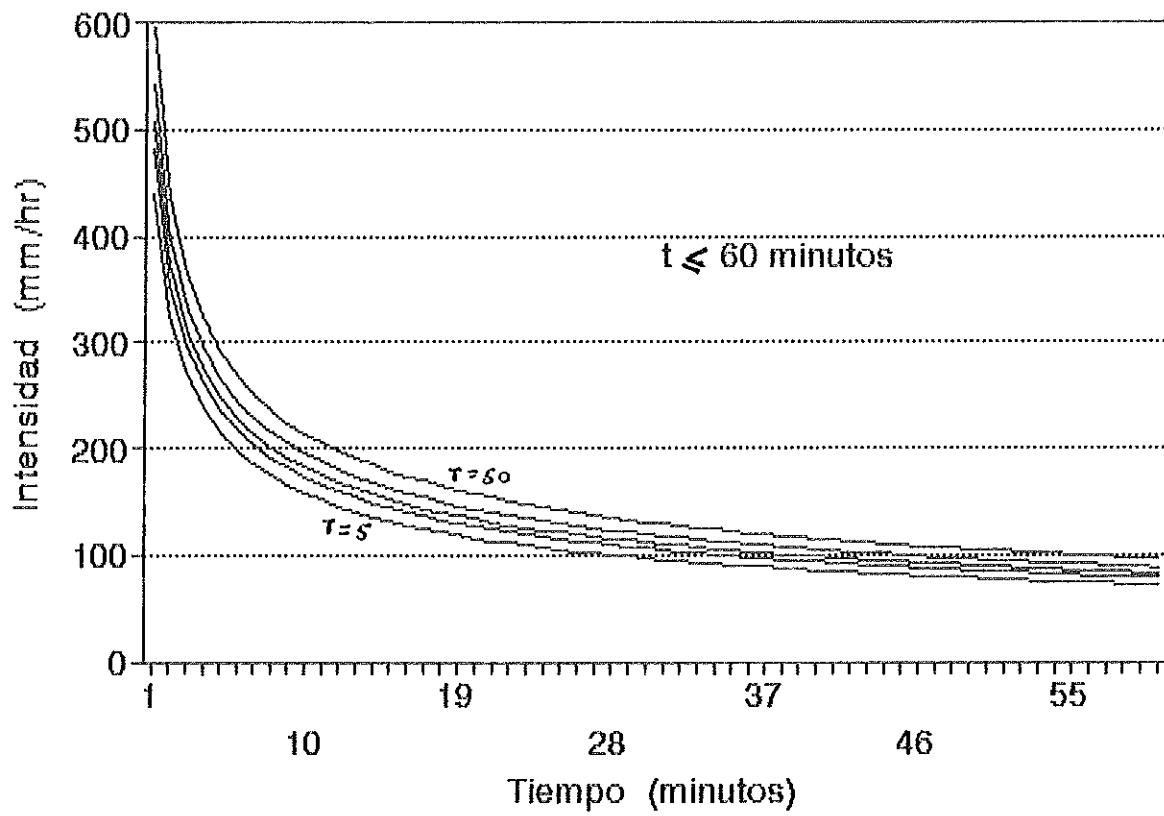
tiempo (min)	T= 5 años			T= 10 años			T= 25 años		
	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error	PDF	IDF	error
5'	344.4	150.2	129.29%	375.6	166.1	126.13%	438.0	189.8	130.77%
10'	258.6	111.7	131.51%	290.4	123.5	135.14%	328.2	141.1	132.60%
15'	230.0	93.9	144.94%	258.4	103.8	148.94%	292.0	118.6	146.21%
60'	119.7	51.9	130.64%	134.5	57.4	134.32%	152.0	65.6	131.71%
360'	27.3	8.2	232.93%	31.3	17.2	81.98%	36.2	20.0	81.00%

CURVA IDF ESTACION SAN JOSE



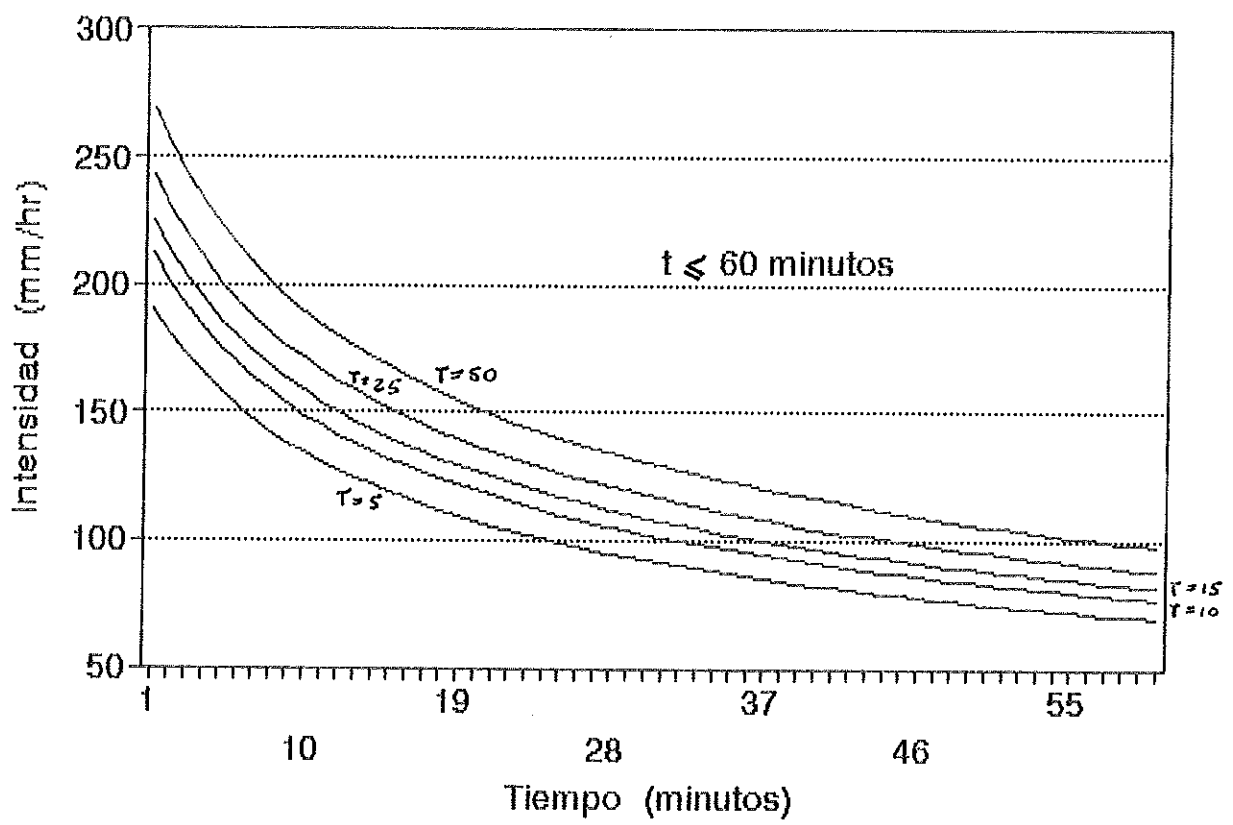
CURVA IDF

ESTACION A. J. SANTAMARIA

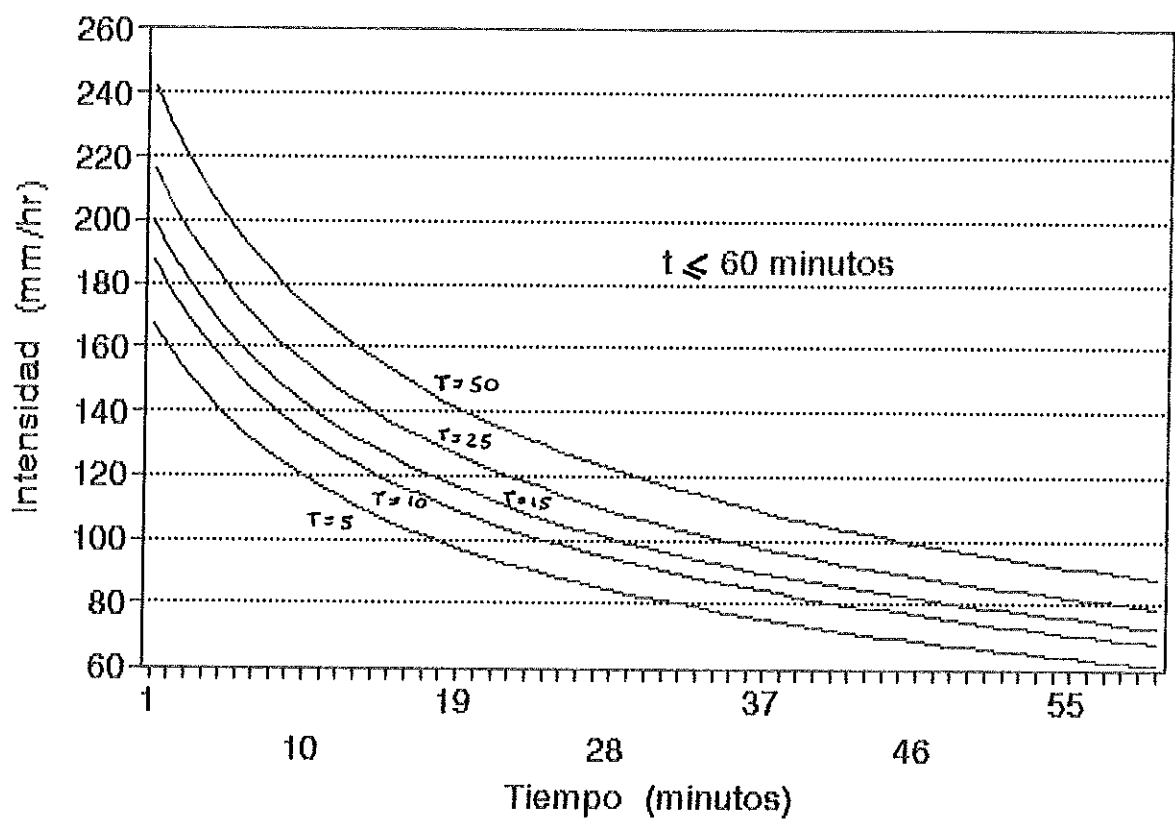


CURVA IDF

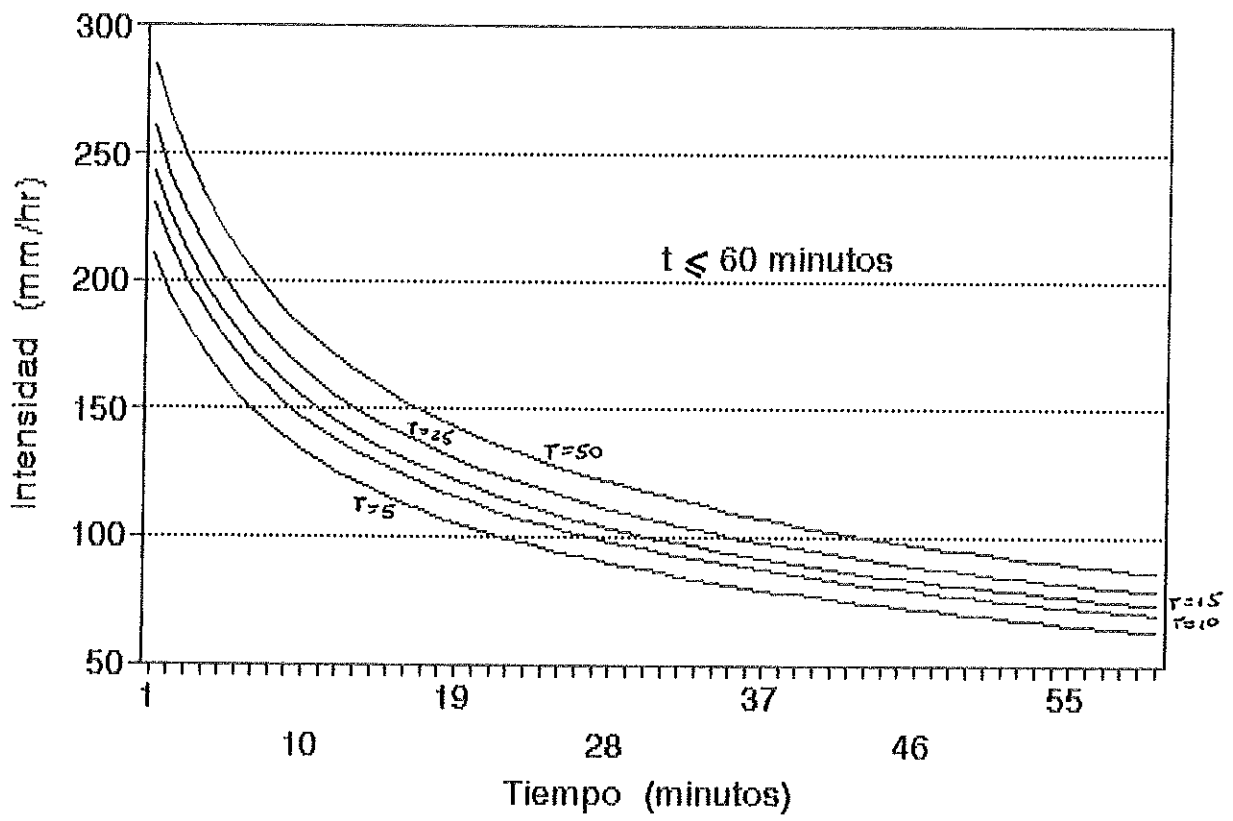
ESTACION E. LA GARITA



CURVA IDF ESTACION SAN JOSECITO

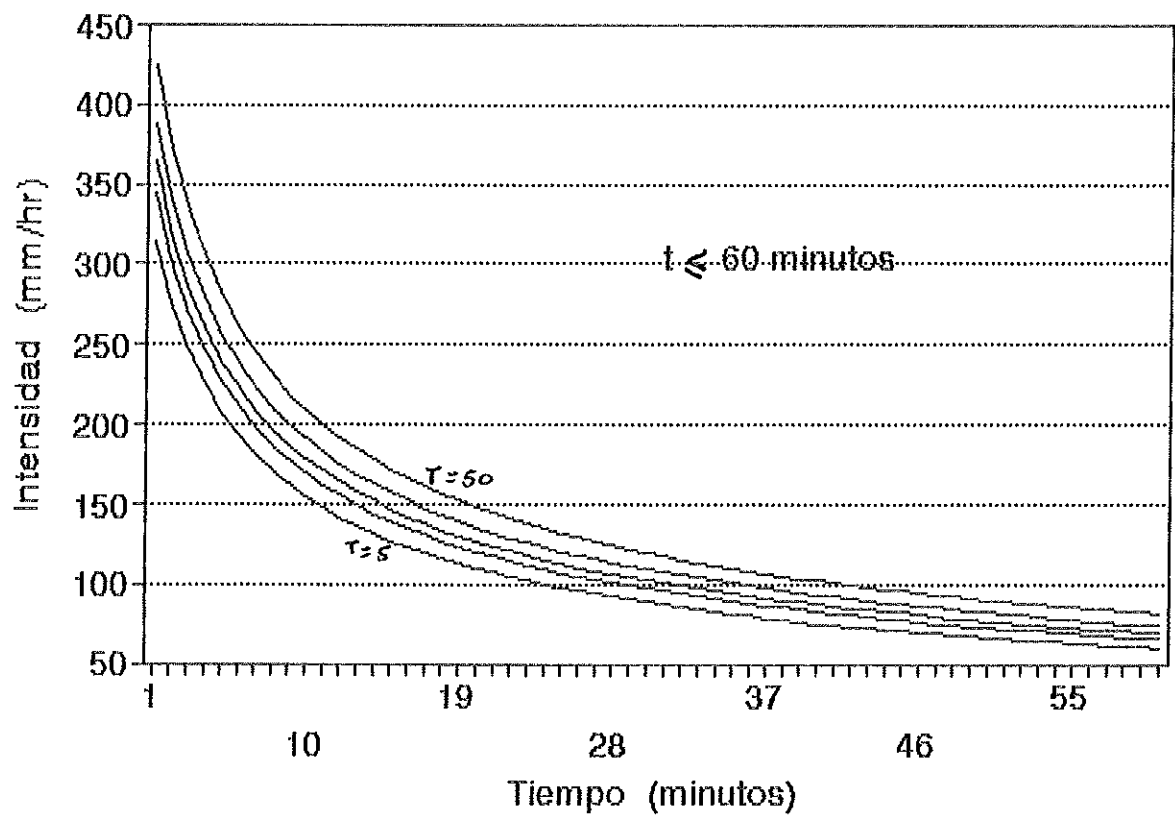


CURVA IDF ESTACION PAVAS

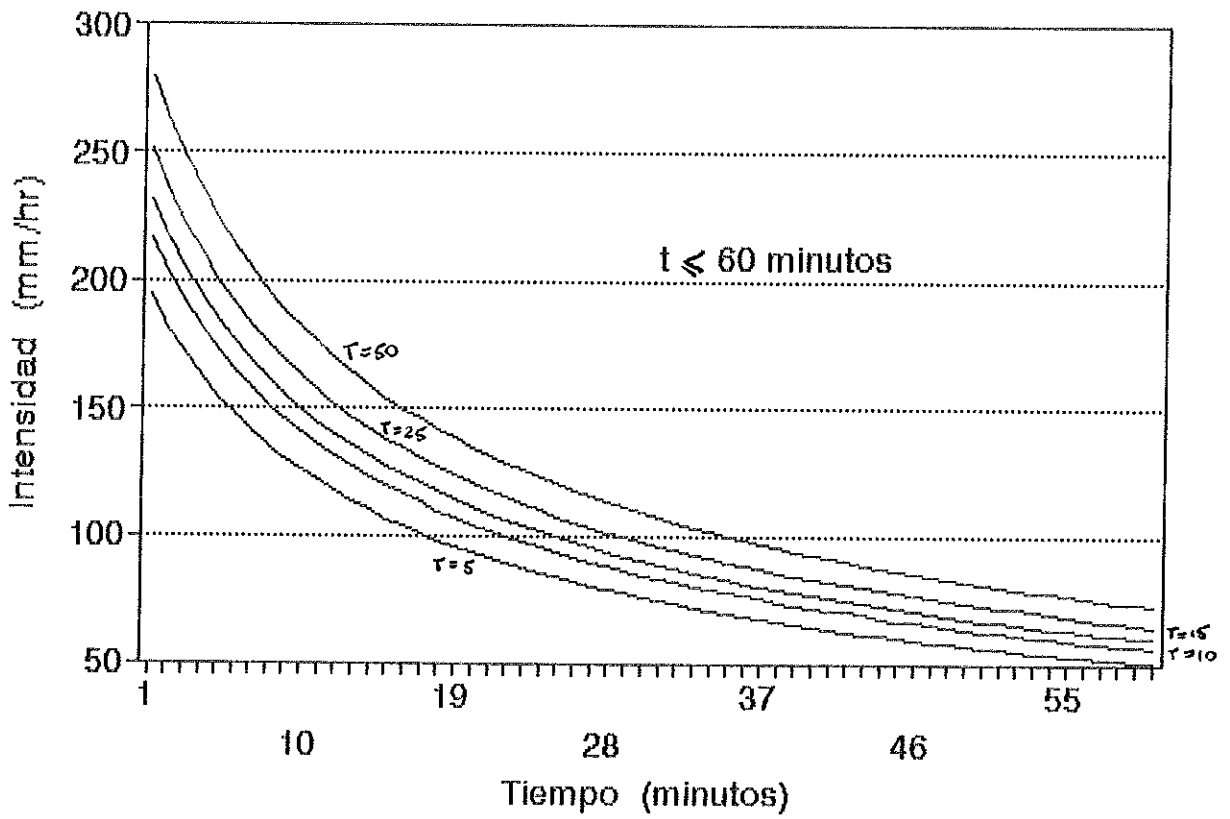


CURVA IDF

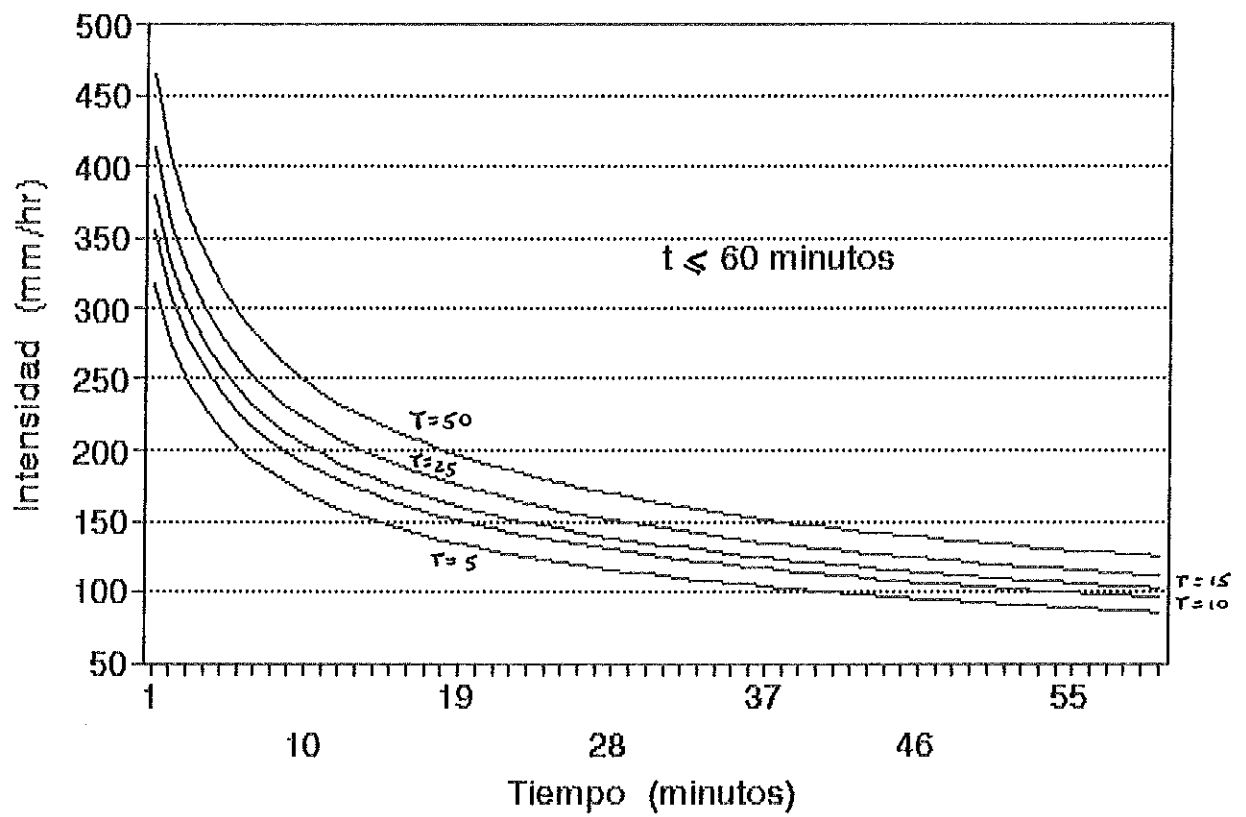
ESTACION COOP. CAFE NARANJO



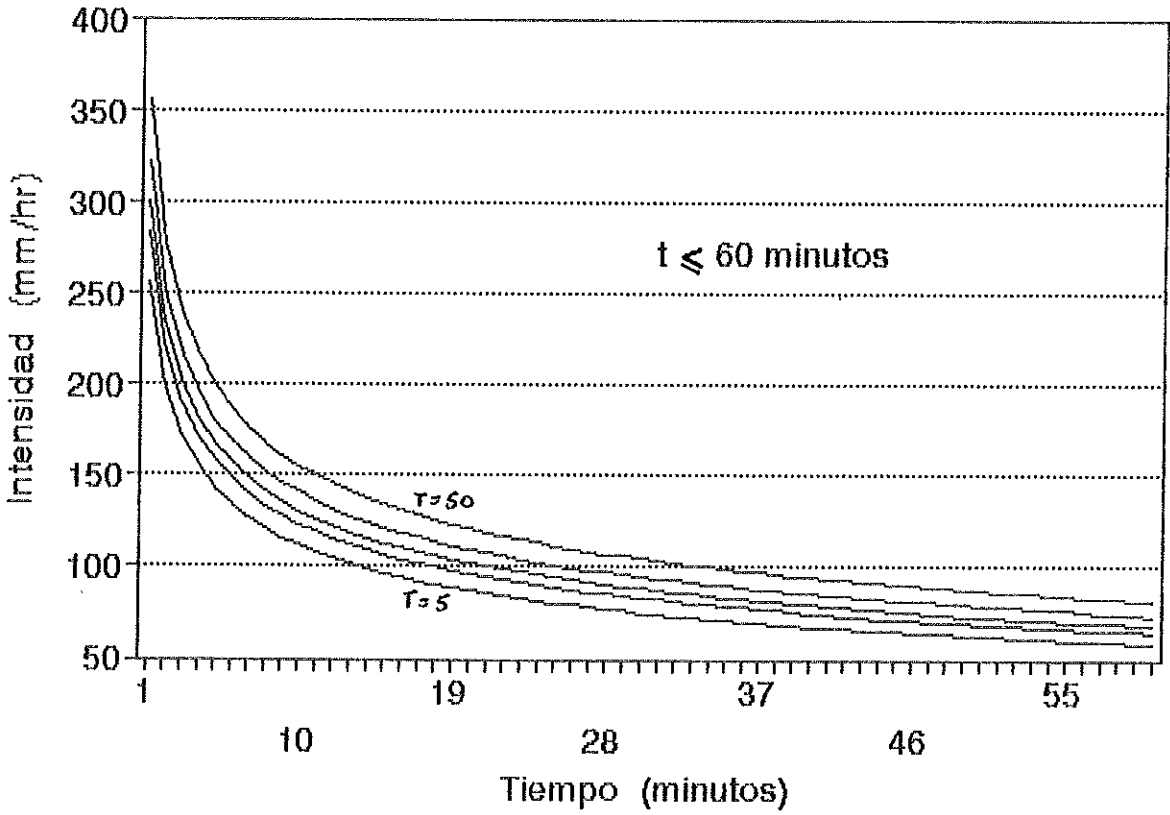
CURVA IDF ESTACION SABANA NORTE



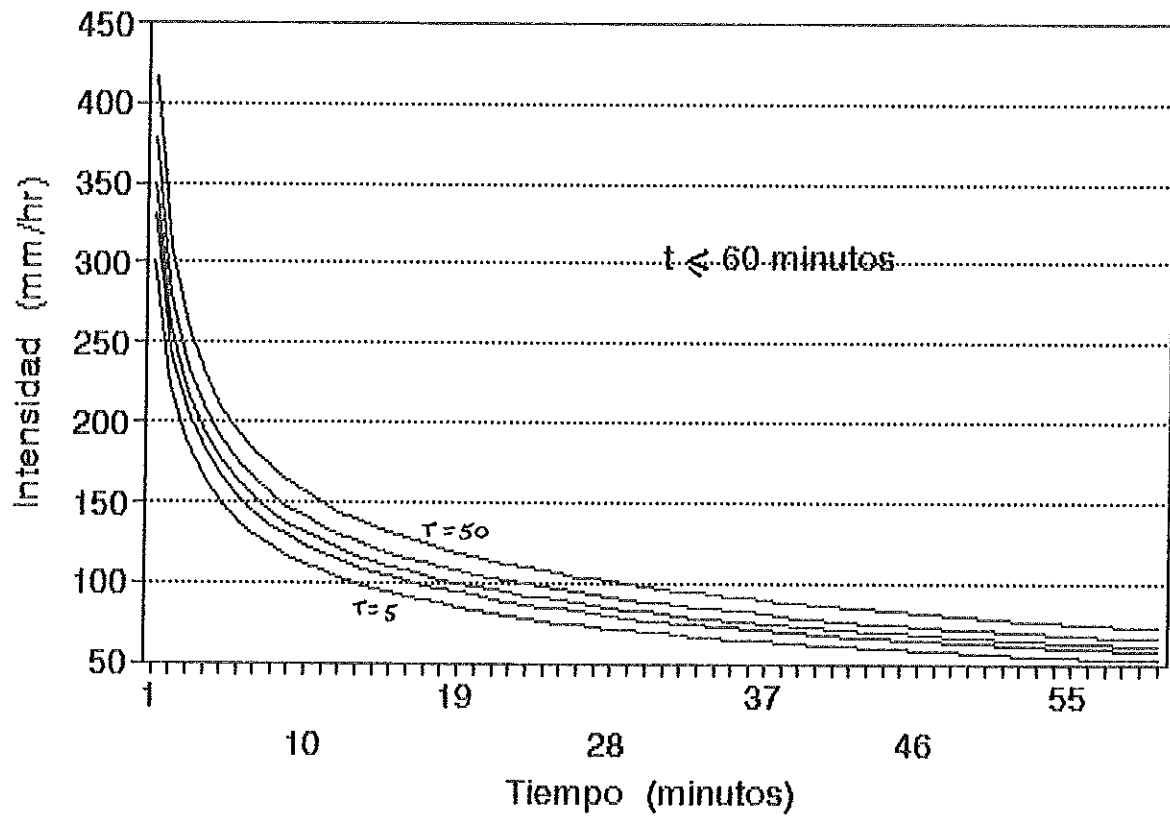
CURVA IDF ESTACION SANTA LUCIA



CURVA IDF ESTACION SABANILLA



CURVA IDF ESTACION VARA BLANCA



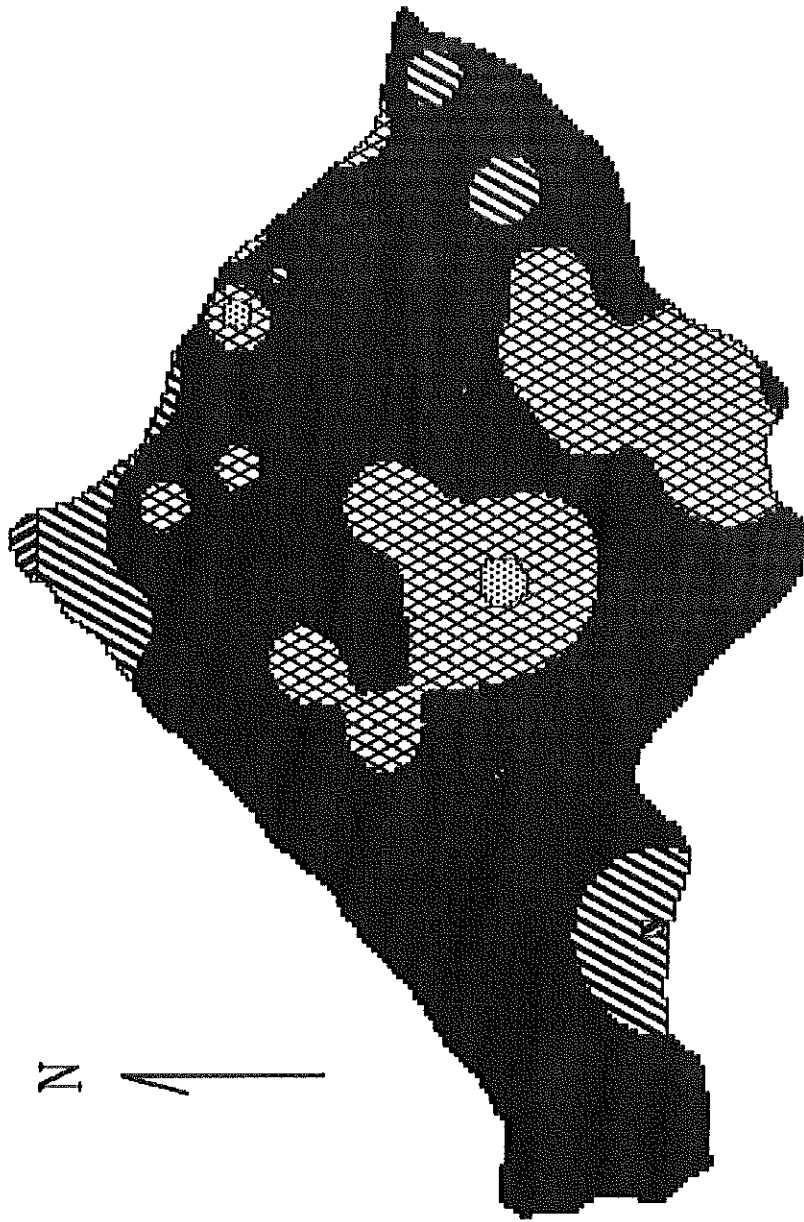
APENDICE E

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE PDF

Precipitación en una hora, T=5 años

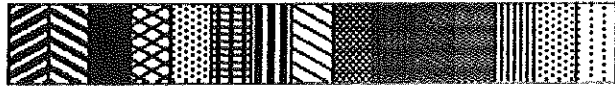
243.0

565.0



Lluvia en mm

- 80 - 90
- 70 - 80
- 60 - 70
- 50 - 60
- 40 - 50



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

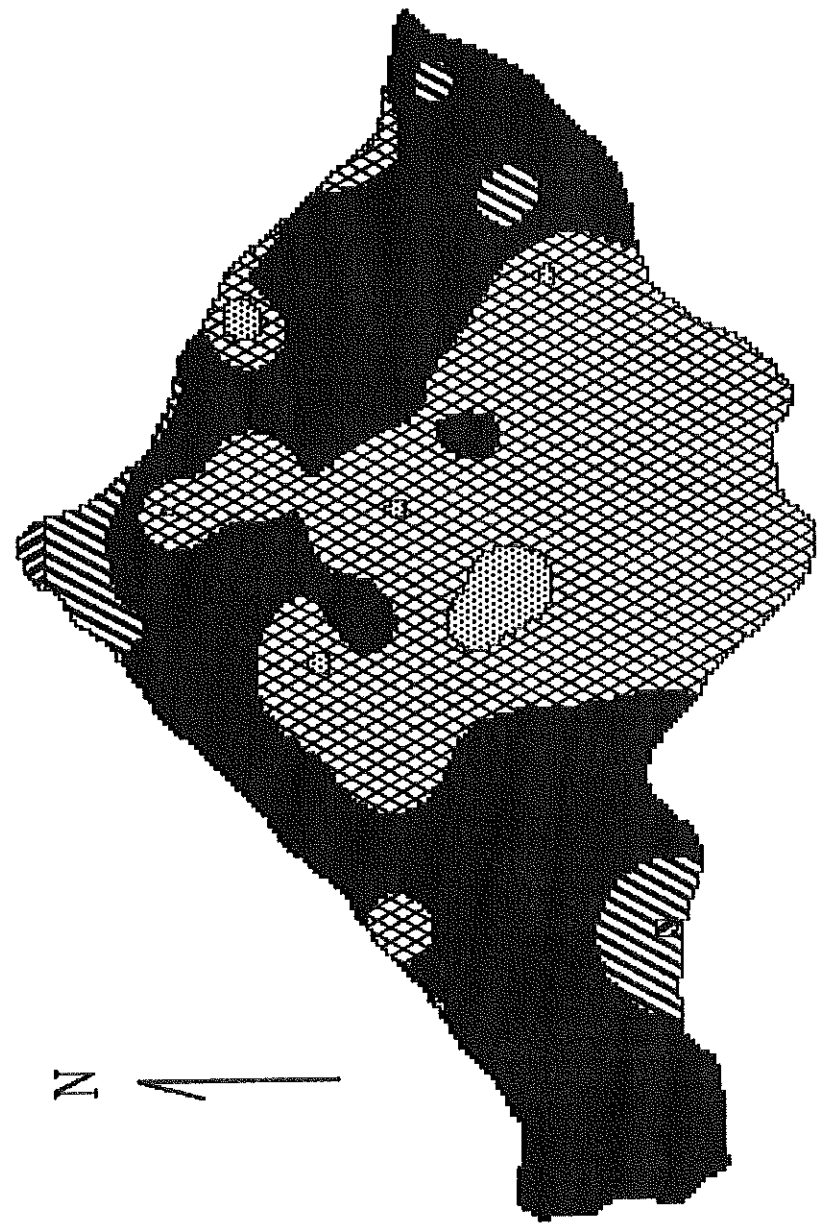
183.0

Realizado por

Rafael Murillo M.

243.0
565.0

Precipitación en una hora, T=10 años



Lluvia en mm

90-100
80-90
70-80
60-70
50-60

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

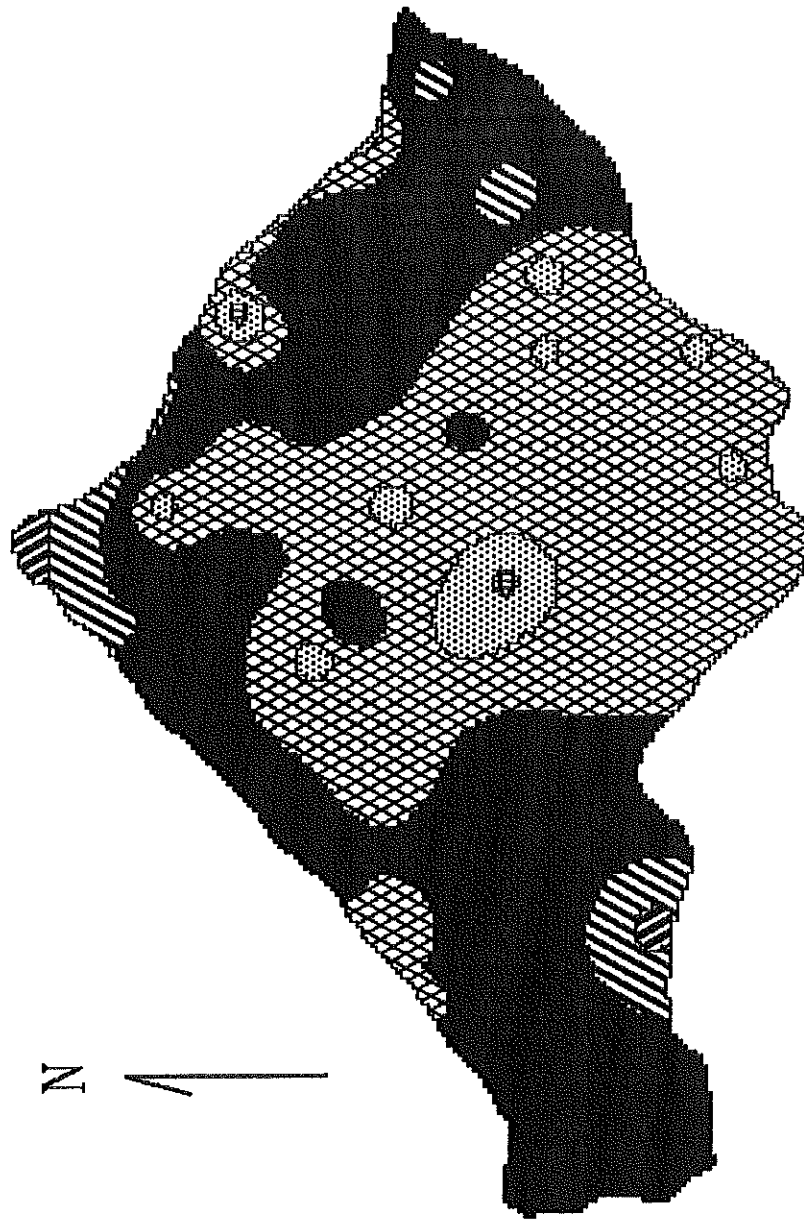
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Precipitación en una hora, T=25 años

243.0

565.0



Lluvia en mm

100-110
90-100
80-90
70-80
60-70



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

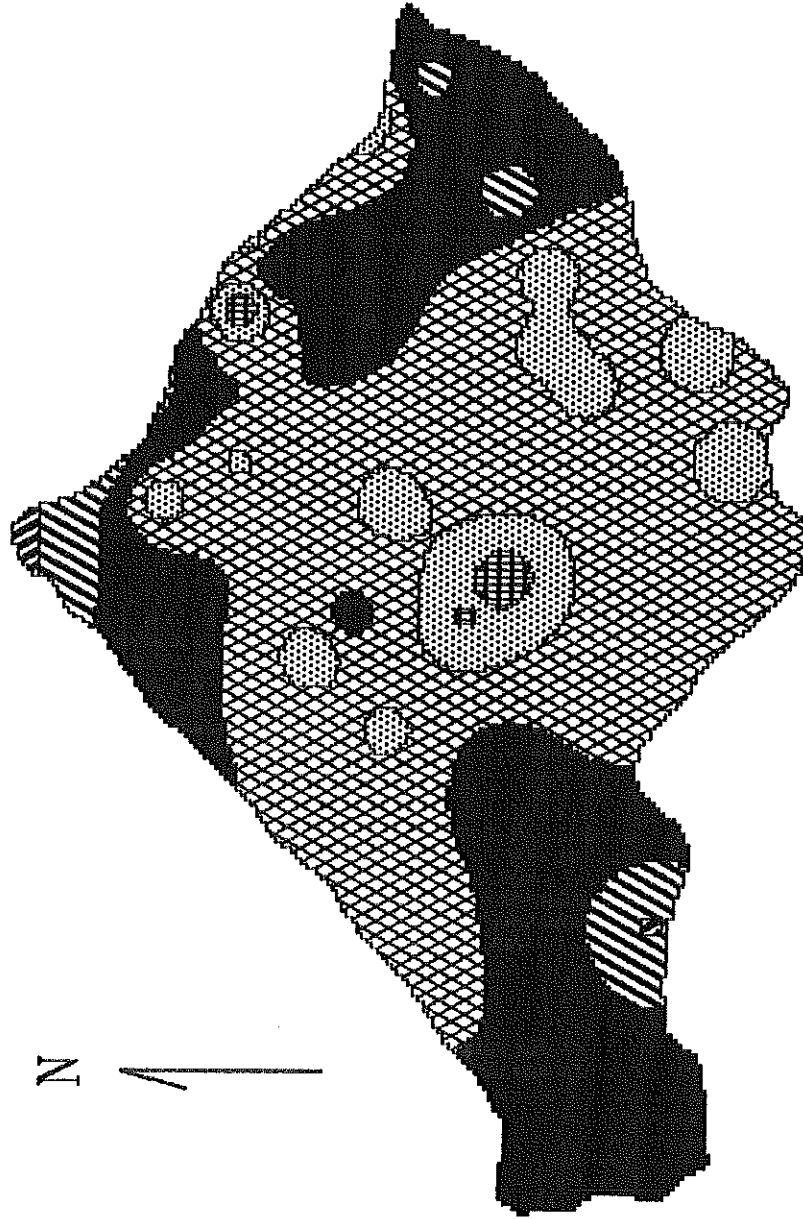
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

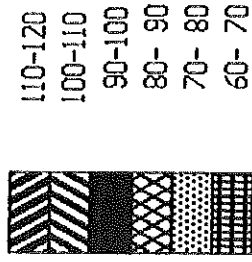
Precipitación en una hora, T=50 años

243.0

565.0



Lluvia en mm



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

183.0

Realizado por

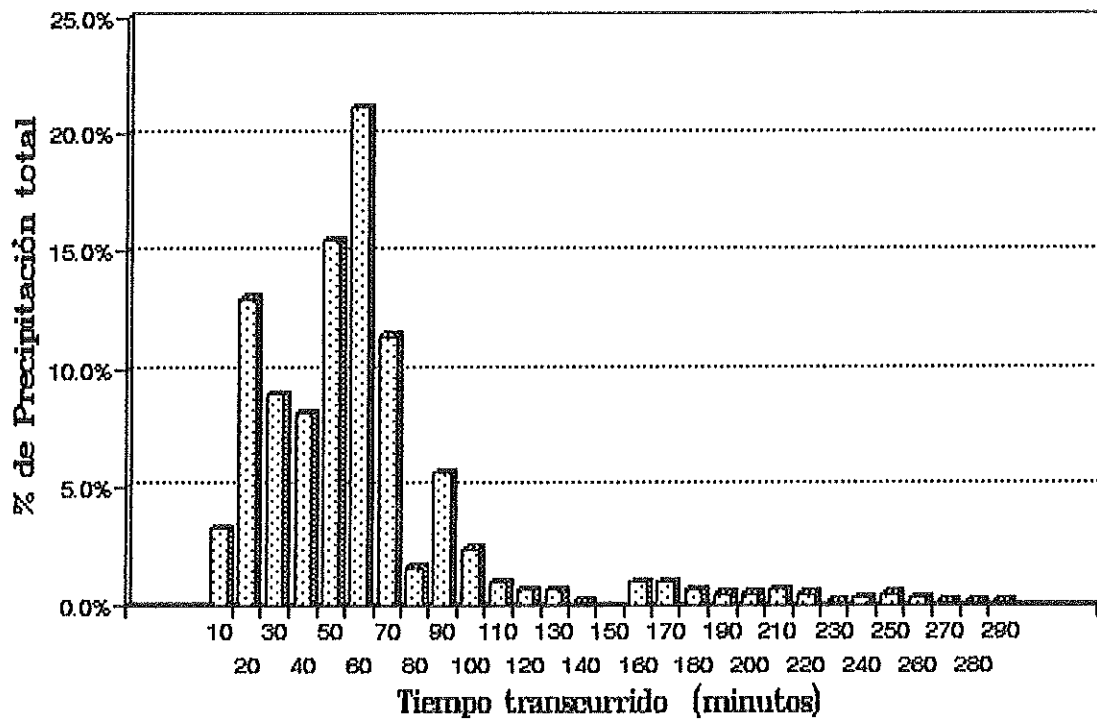
Rafael Murillo M.

APENDICE F

HIETOGRAMAS CARACTERISTICOS

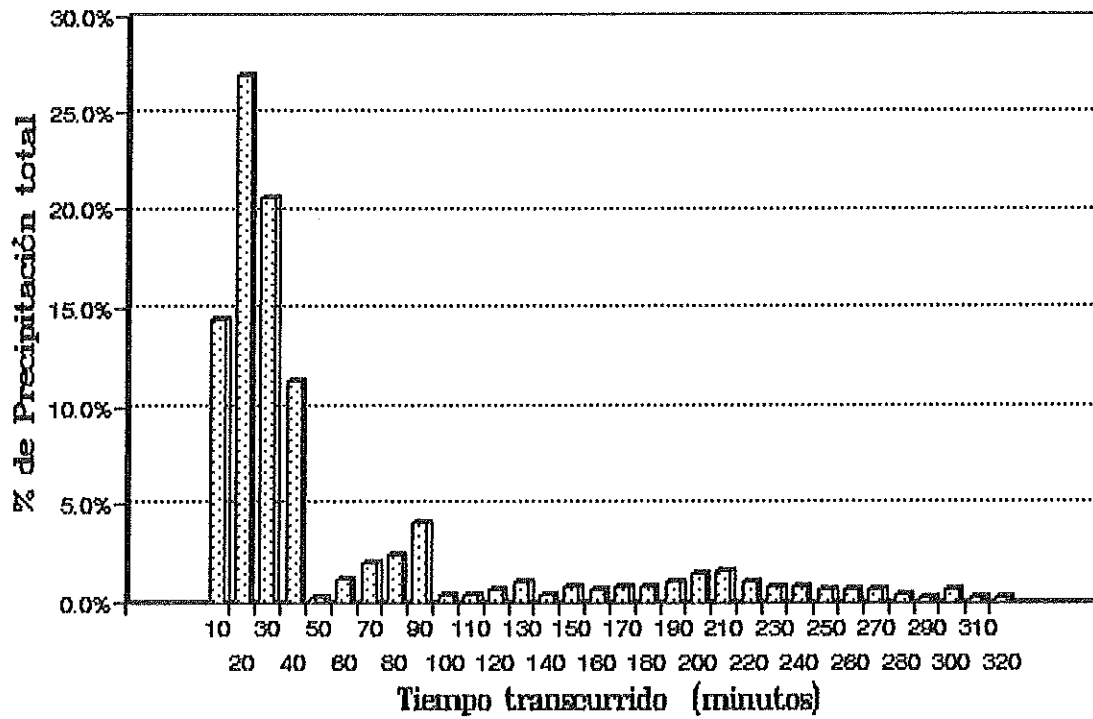
SAN JOSE

Hietograma Característico



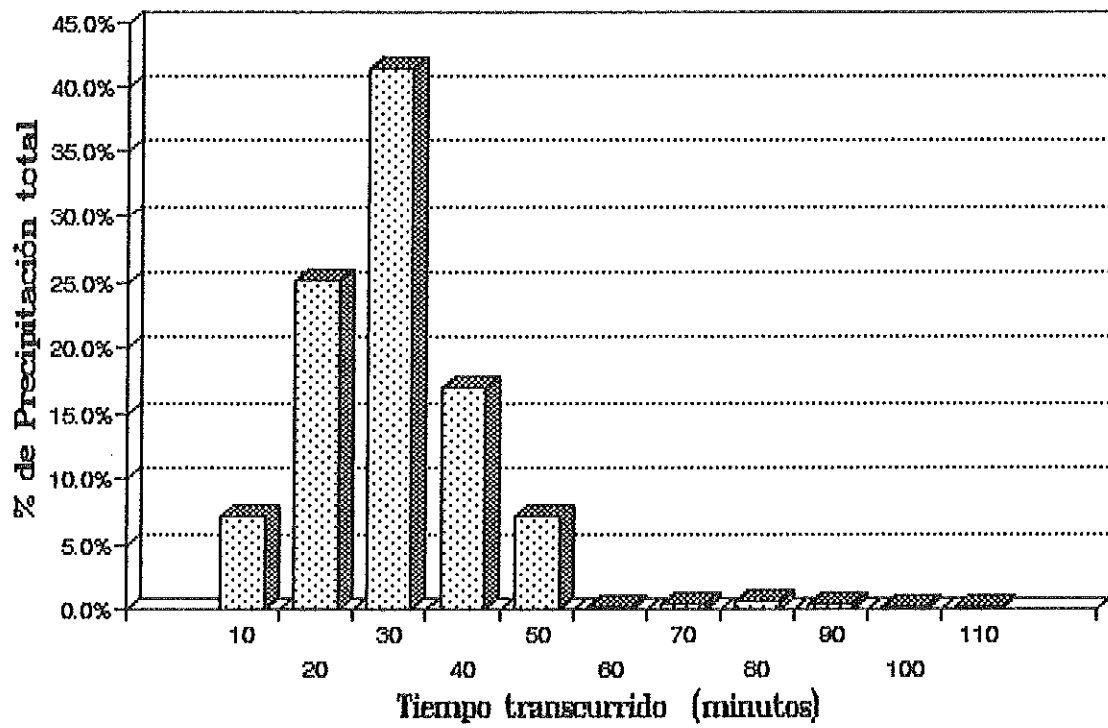
AEROPUERTO

Hietograma Característico



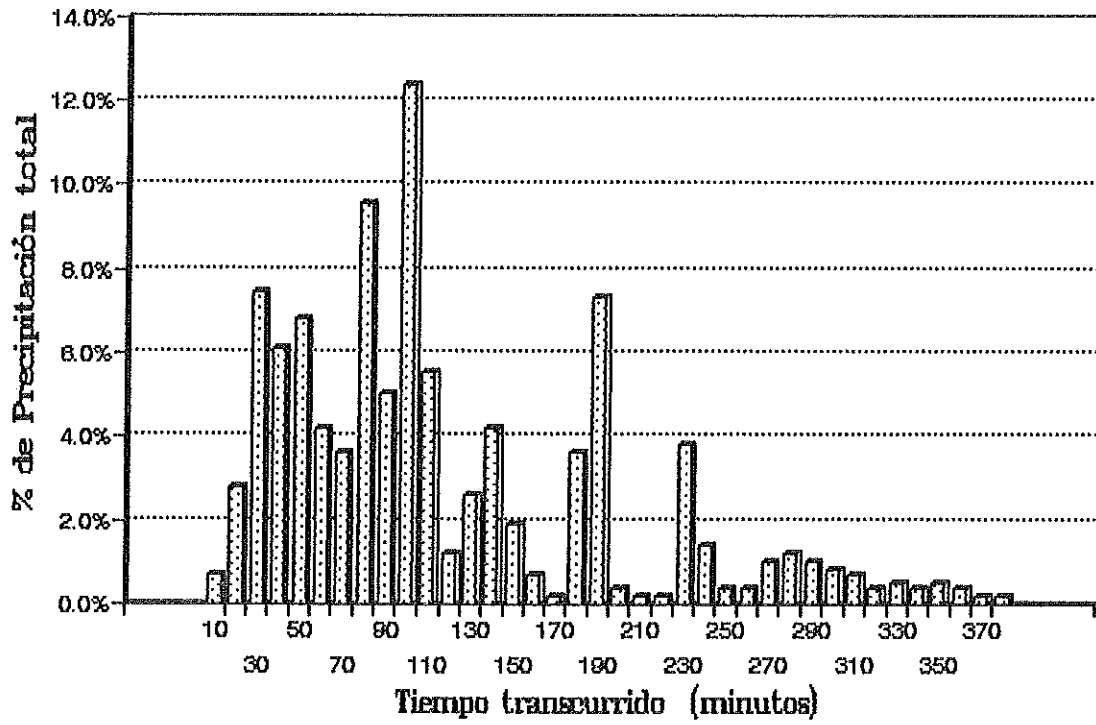
EMBALSE LA GARITA

Hietograma Característico



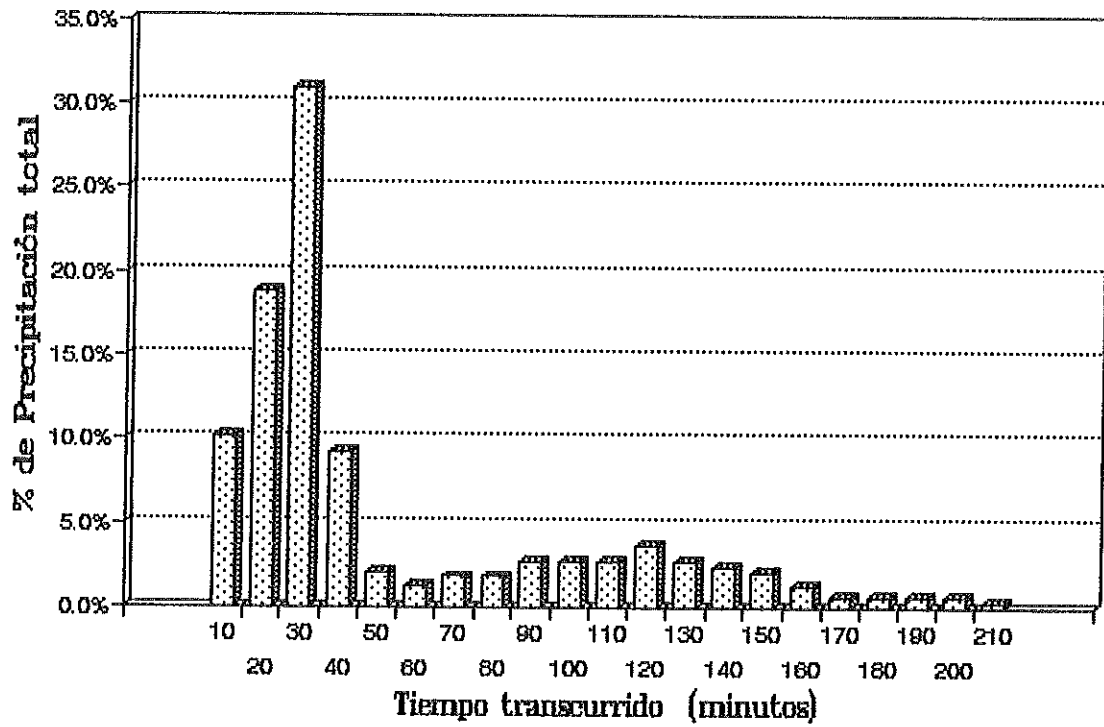
SAN JOSECITO

Hietograma Característico



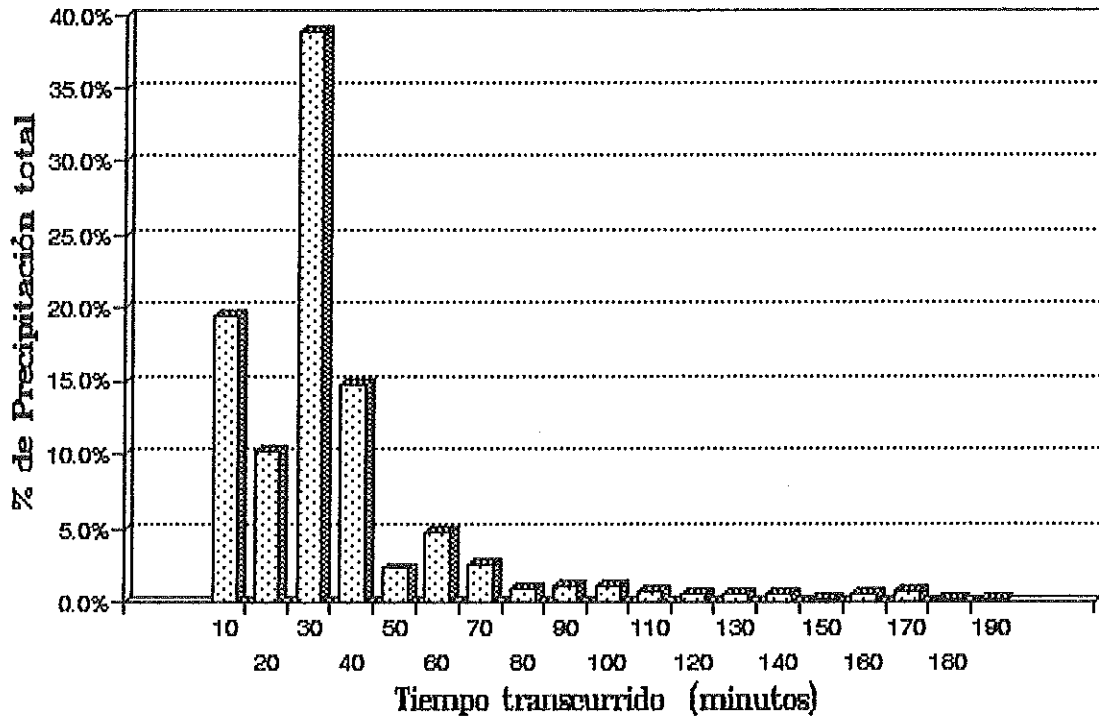
PAVAS

Hietograma Característico



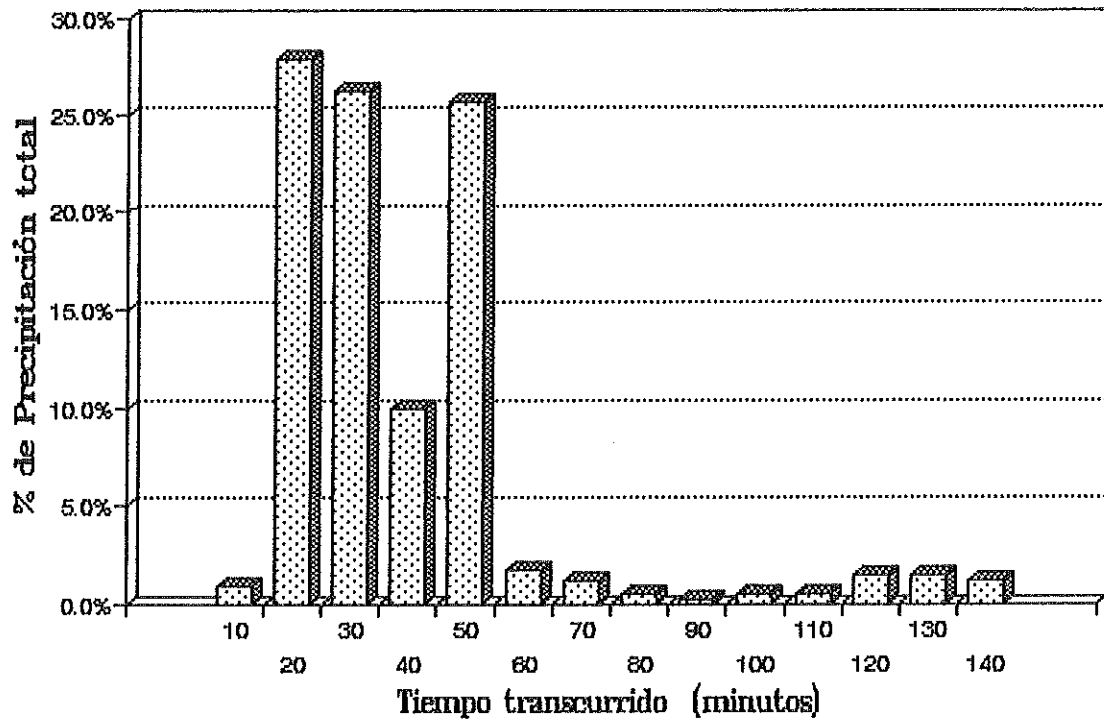
COOP. CAFE, NARANJO

Hietograma Característico



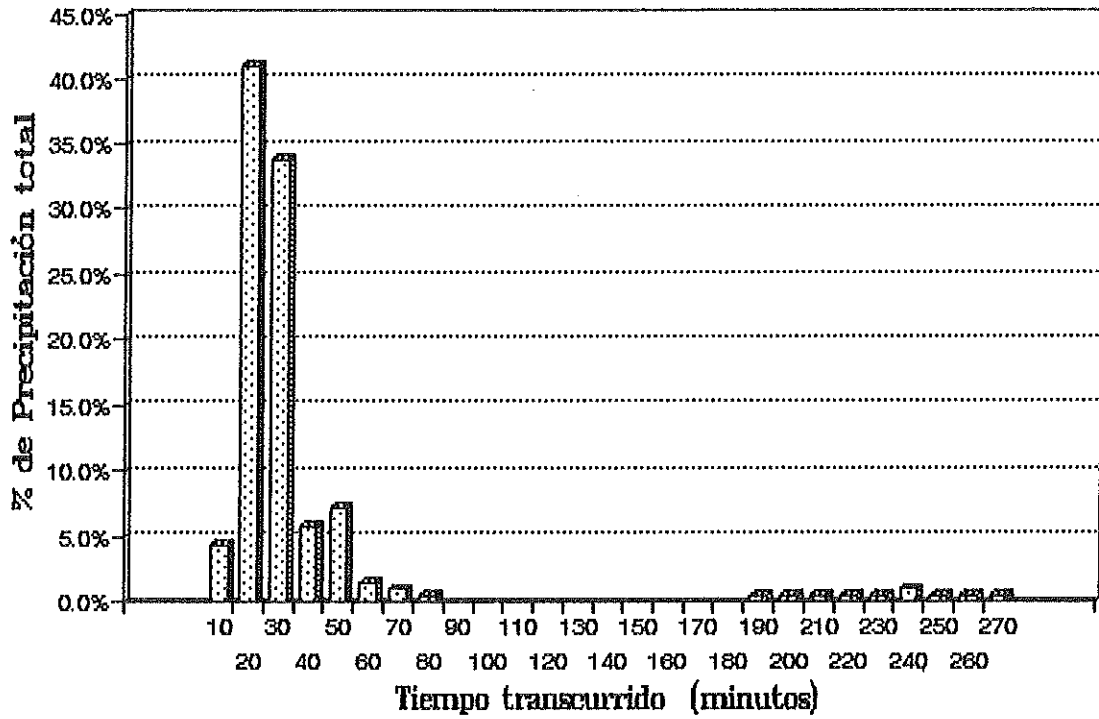
SABANA NORTE

Hietograma Característico



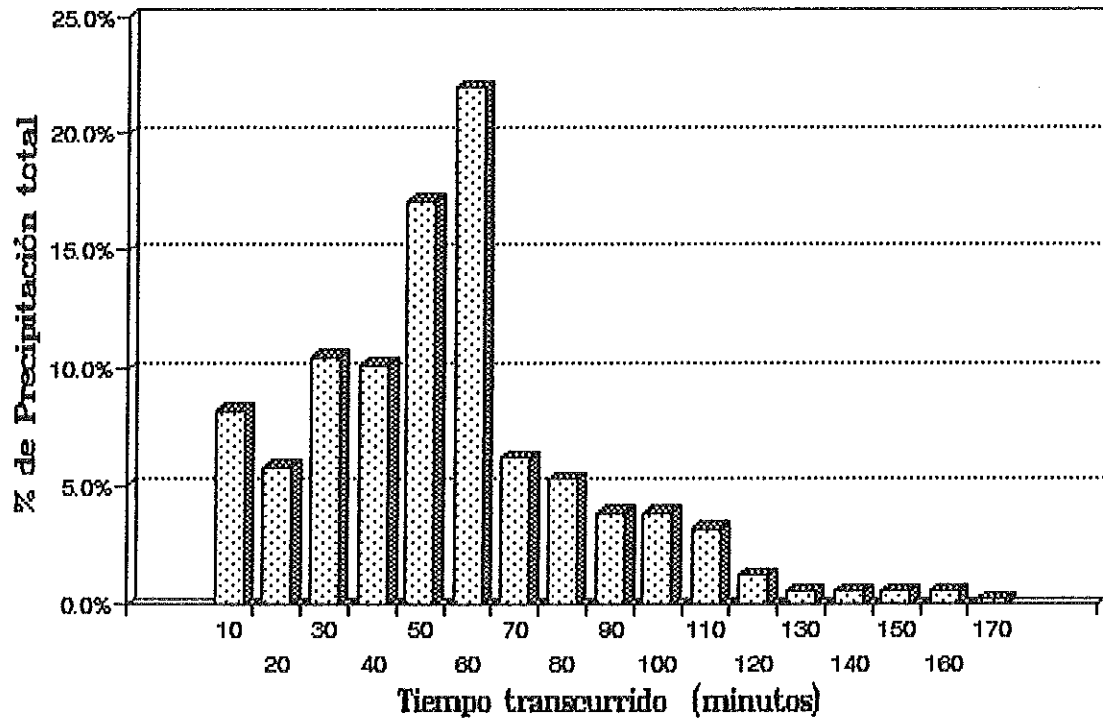
SANTA LUCIA

Hietograma Característico



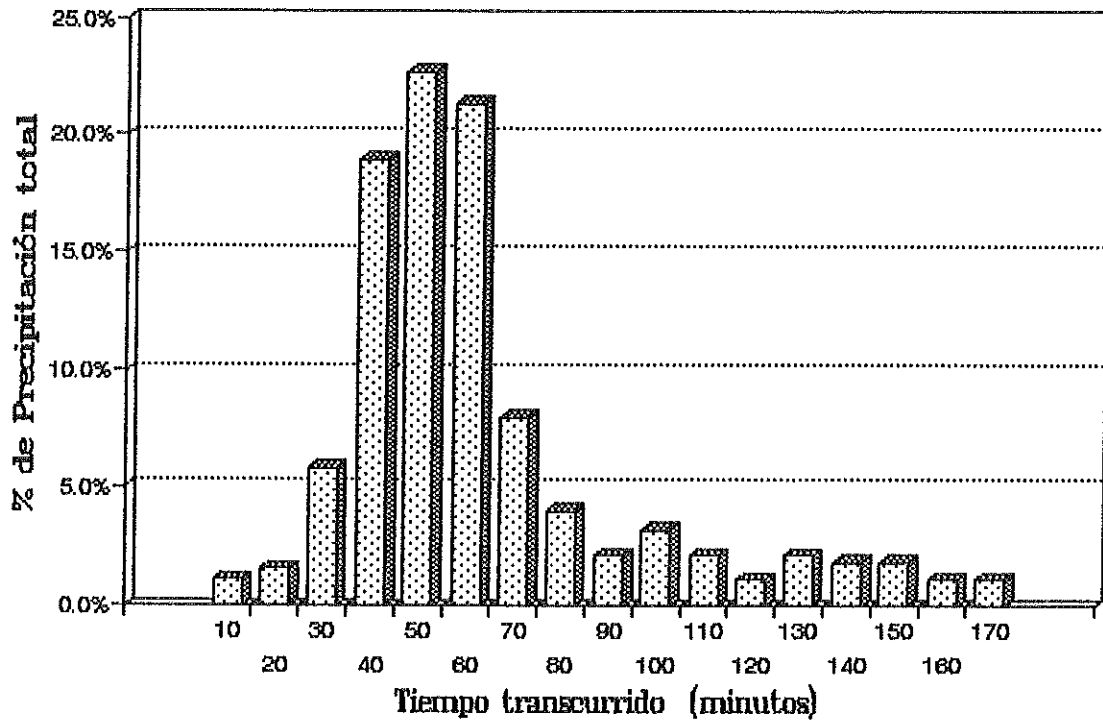
SABANILLA

Hietograma Característico



VARA BLANCA

Hietograma Característico



CUADRO No 1
VALORES DE HIETOGRAHAS CARACTERISTICOS

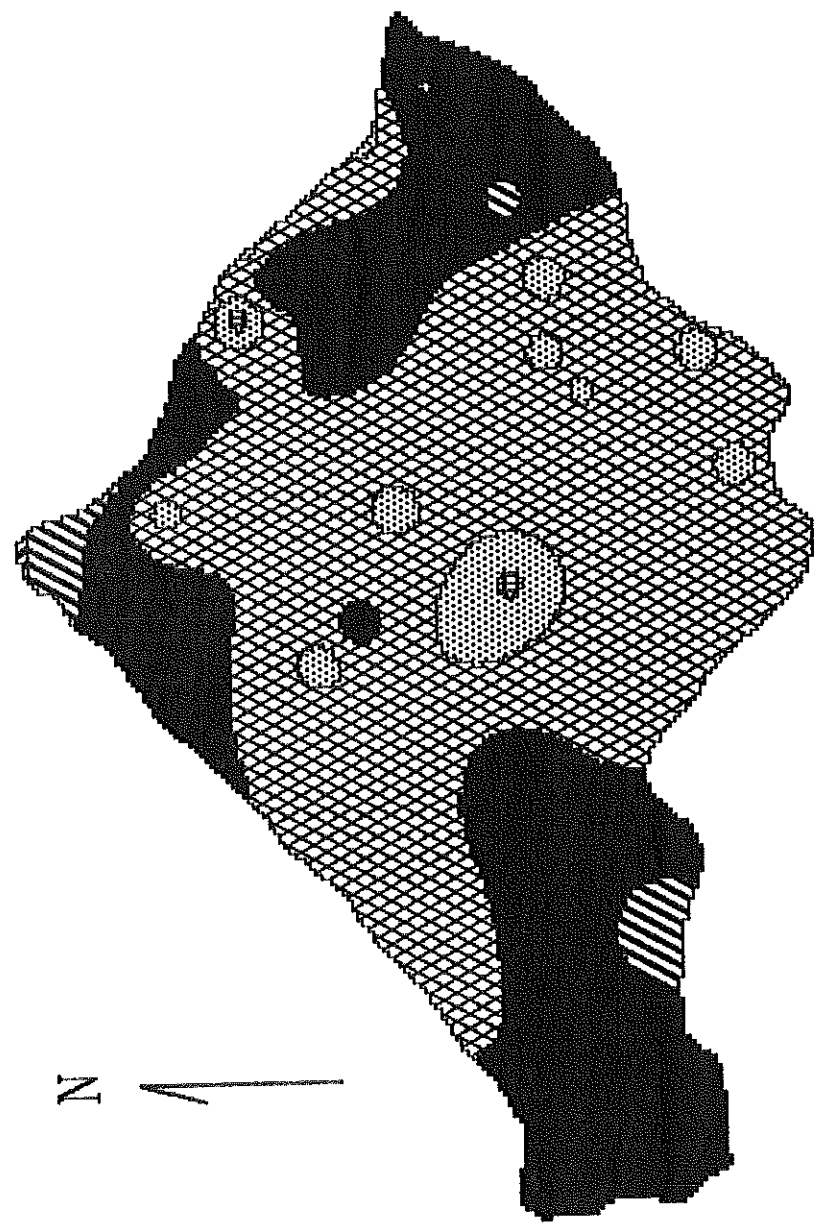
	SAN JOSE	AERO- PUERTO	LA GARITA	SAN JOSECITO	PAVAS	NARANJO	SABANA NORTE	SANTA LUCIA	SABANILLA	VARA BLANCA
10	3.25%	14.49%	7.21%	0.70%	10.22%	19.41%	0.91%	4.35%	8.20%	1.07%
20	13.01%	26.92%	25.23%	2.79%	18.89%	10.27%	27.79%	41.06%	5.88%	1.60%
30	8.94%	20.70%	41.44%	7.49%	30.96%	38.81%	26.28%	33.82%	10.52%	5.87%
40	8.13%	11.39%	17.12%	6.10%	9.29%	14.84%	9.97%	5.80%	10.16%	18.93%
50	15.45%	0.21%	7.21%	6.79%	2.17%	2.28%	25.68%	7.25%	17.11%	22.67%
60	21.14%	1.24%	0.18%	4.18%	1.24%	4.79%	1.81%	1.45%	21.93%	21.33%
70	11.38%	2.07%	0.36%	3.66%	1.86%	2.51%	1.21%	0.97%	6.24%	8.00%
80	1.63%	2.48%	0.54%	9.58%	1.86%	0.91%	0.60%	0.48%	5.35%	4.00%
90	5.69%	4.14%	0.36%	5.05%	2.79%	1.14%	0.30%	0.00%	3.92%	2.13%
100	2.44%	0.41%	0.18%	12.37%	2.79%	1.14%	0.60%	0.00%	3.92%	3.20%
110	0.98%	0.41%	0.18%	5.57%	2.79%	0.68%	0.60%	0.00%	3.21%	2.13%
120	0.65%	0.62%		1.22%	3.72%	0.46%	1.51%	0.00%	1.25%	1.07%
130	0.65%	1.04%		2.61%	2.79%	0.46%	1.51%	0.00%	0.53%	2.13%
140	0.16%	0.41%		4.18%	2.48%	0.46%	1.21%	0.00%	0.53%	1.87%
150	0.00%	0.83%		1.92%	2.17%	0.23%		0.00%	0.53%	1.87%
160	0.98%	0.62%		0.70%	1.24%	0.46%		0.00%	0.53%	1.07%
170	0.98%	0.83%		0.17%	0.62%	0.68%		0.00%	0.18%	1.07%
180	0.65%	0.83%		3.66%	0.62%	0.23%		0.00%		
190	0.49%	1.04%		7.32%	0.62%	0.23%		0.48%		
200	0.49%	1.45%		0.35%	0.62%			0.48%		
210	0.65%	1.66%		0.17%	0.31%			0.48%		
220	0.49%	1.04%		0.17%				0.48%		
230	0.16%	0.83%		3.83%				0.48%		
240	0.33%	0.83%		1.39%				0.97%		
250	0.49%	0.62%		0.35%				0.48%		
260	0.33%	0.62%		0.35%				0.48%		
270	0.16%	0.62%		1.05%				0.48%		
280	0.16%	0.41%		1.22%						
290	0.16%	0.21%		1.05%						
300		0.62%		0.87%						
310		0.21%		0.70%						
320		0.21%		0.35%						
330				0.52%						
340				0.35%						
350				0.52%						
360				0.35%						
370				0.17%						
380				0.17%						

APENDICE G

MAPAS DE INTENSIDAD DE LA LLUVIA

243.0
565.0

Intensidad de lluvia en 10 min, T=5 años



Intensidad en mm/hr

- 180-200
- 160-180
- 140-160
- 120-140
- 100-120
- 80-100



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

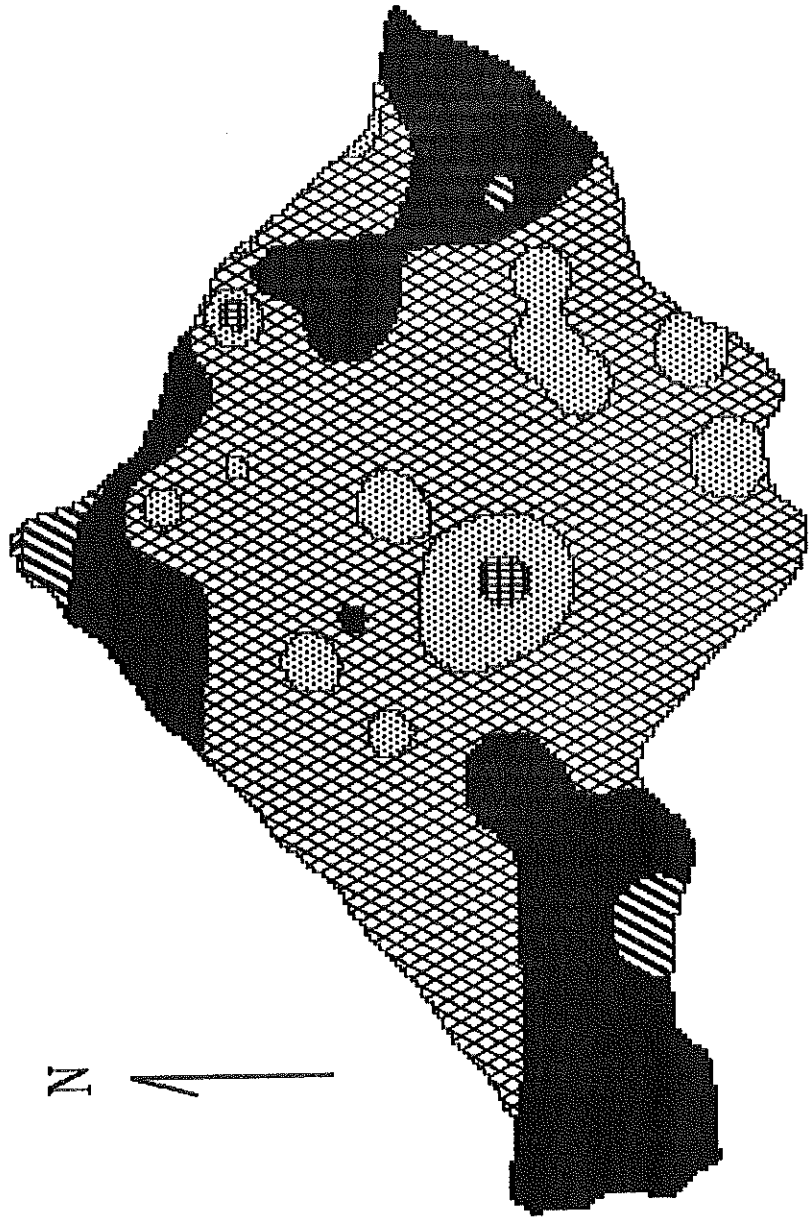
481.0

183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

243.0
565.0

Intensidad de lluvia en 10 min, T=10 años



Intensidad en mm/hr

- 200-220
- 180-200
- 160-180
- 140-160
- 120-140
- 100-120



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

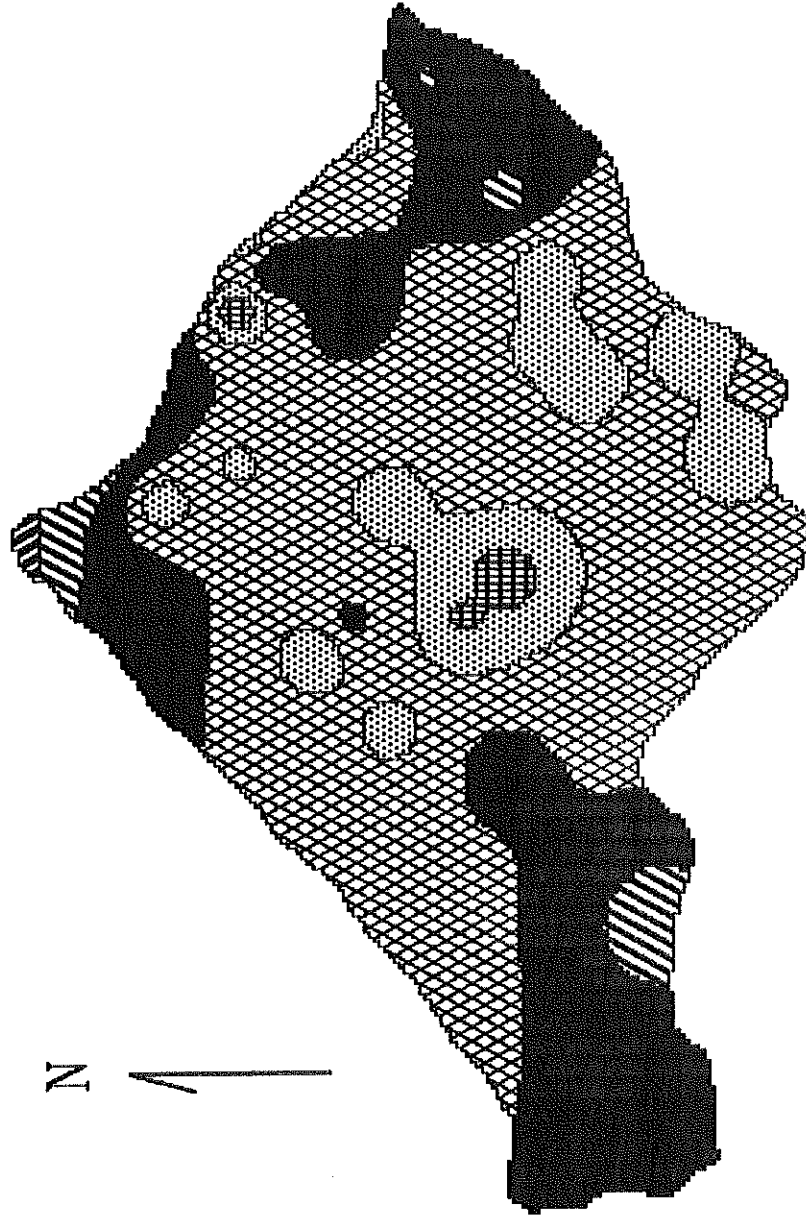
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

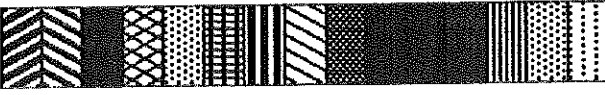
Intensidad de lluvia en 10 min, T=25 años

243.0

565.0



Intensidad en mm/hr



- 220-240
- 200-220
- 180-200
- 160-180
- 140-160
- 120-140

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

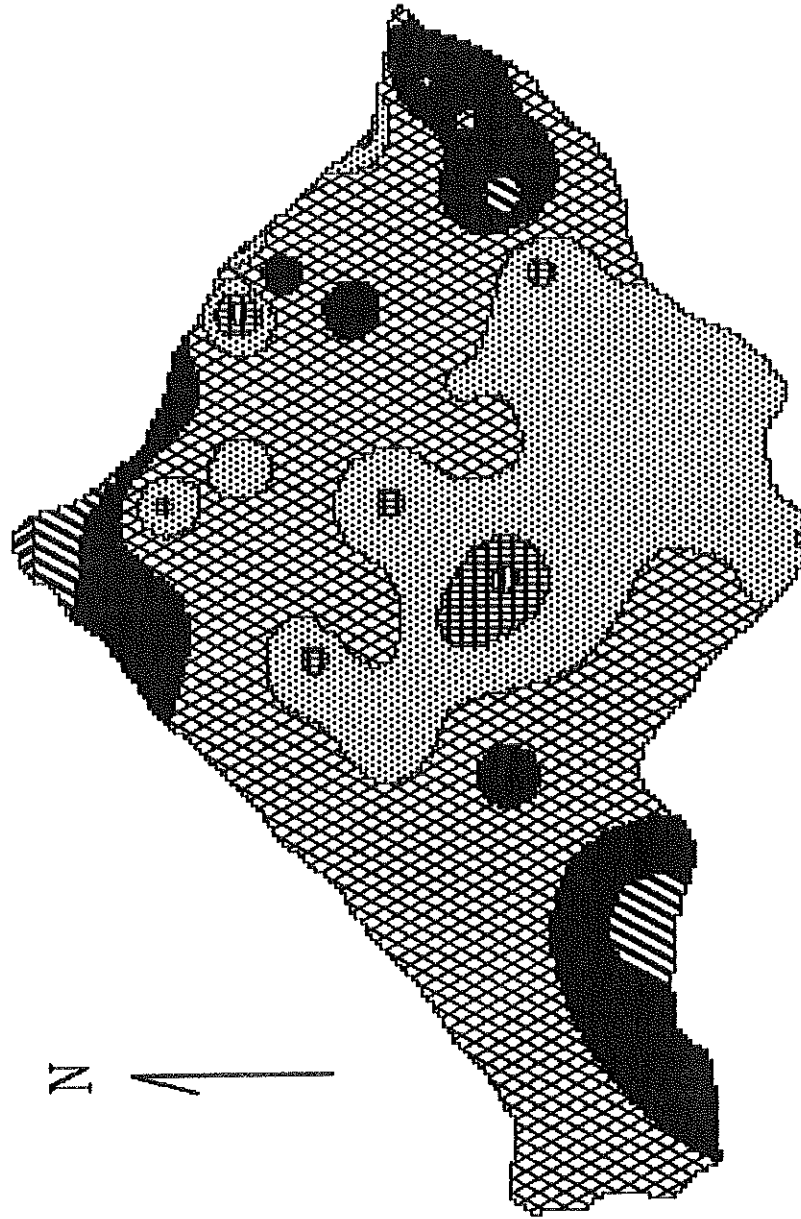
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Intensidad de lluvia en 10 min, T=50 años

243.0

565.0



Intensidad en mm/hr

- 240-260
- 220-240
- 200-220
- 180-200
- 160-180
- 140-160
- 120-140

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

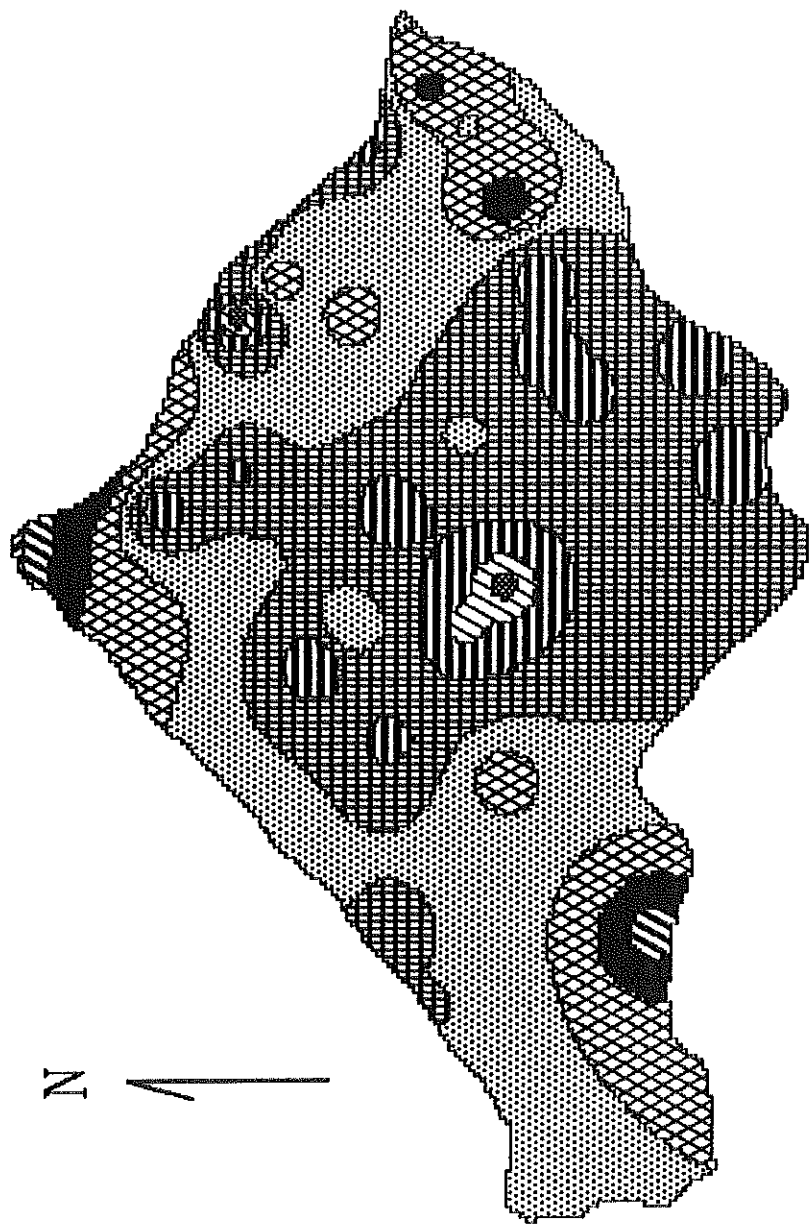
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Intensidad de lluvia en 15 min, T=5 años

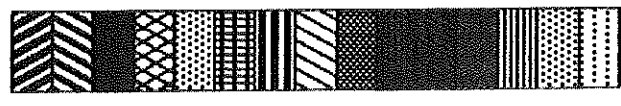
243.0

565.0



N

Intensidad en mm/hr



- 160-170
- 150-160
- 140-150
- 130-140
- 120-130
- 110-120
- 100-110
- 90-100
- 80-90

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

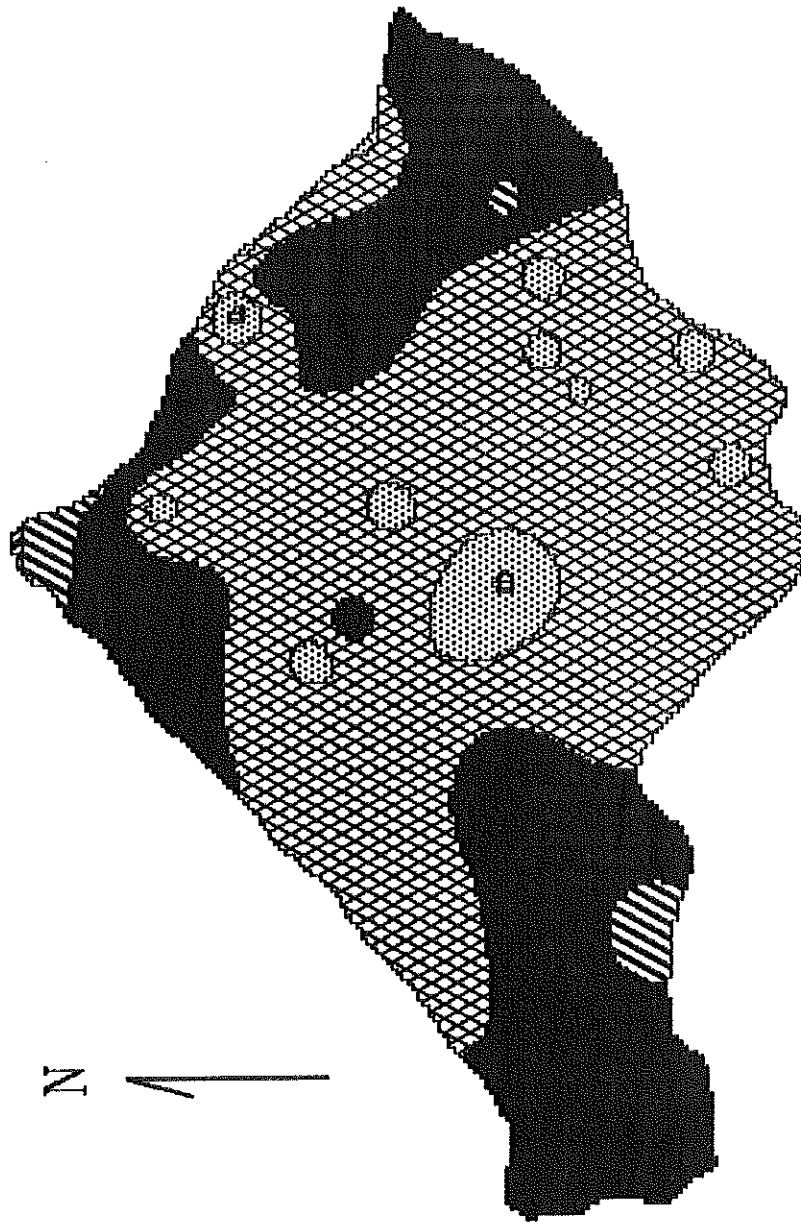
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

Intensidad de lluvia en 15 min, T=10 años

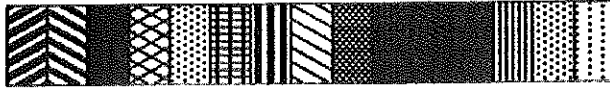
243.0

565.0



Intensidad en mm/hr

- 180-200
- 160-180
- 140-160
- 120-140
- 100-120
- 80-100



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por
Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

1970 - 1990

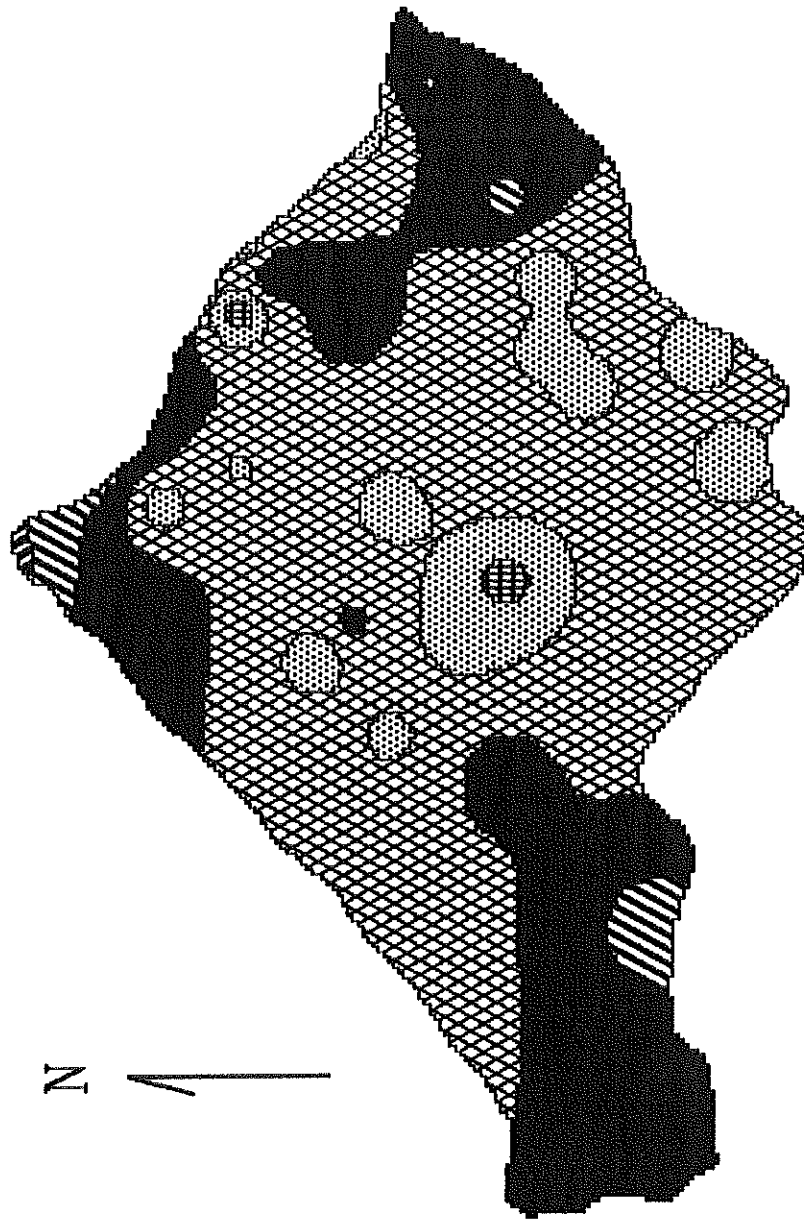
481.0

183.0

Intensidad de lluvia en 15 min, T=25 años

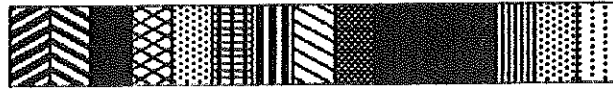
243.0

565.0



Intensidad en mm/hr

- 200-220
- 180-200
- 160-180
- 140-160
- 120-140
- 100-120



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por

Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

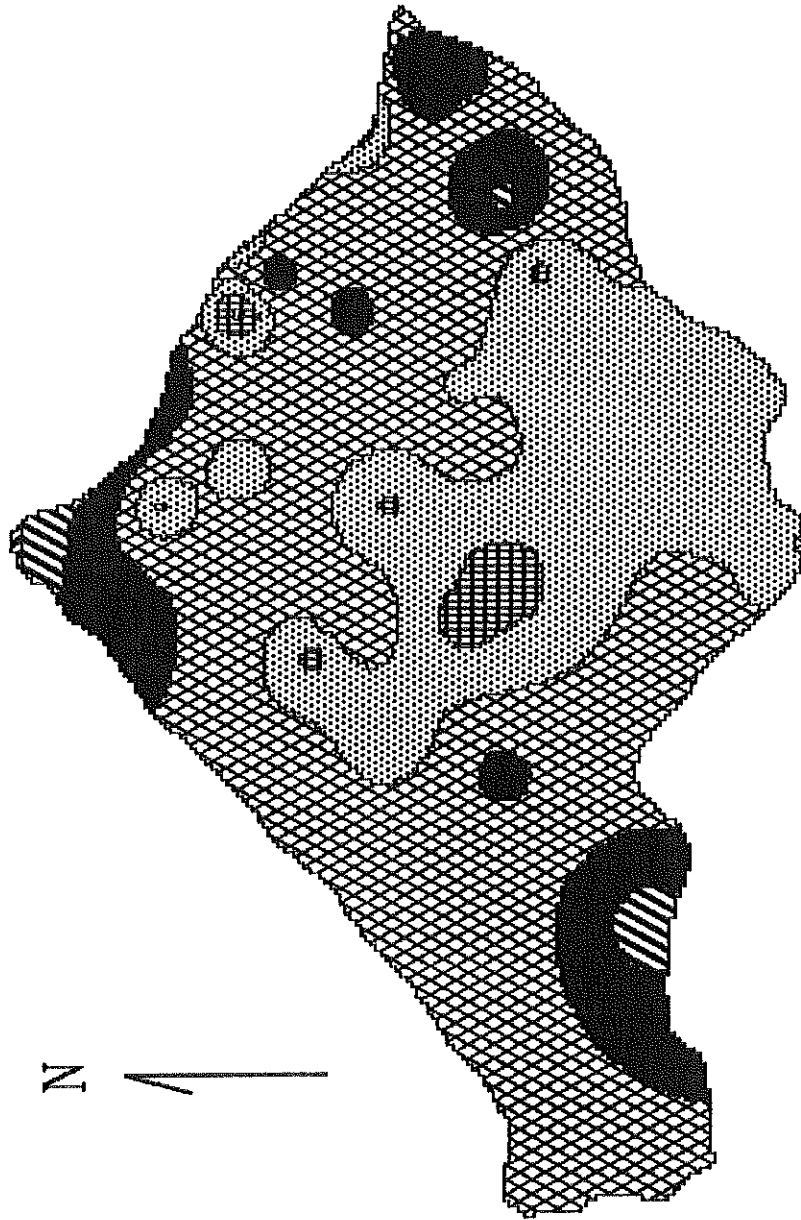
481.0 1970 - 1990

183.0

Intensidad de lluvia en 15 min, T=50 años

243.0

565.0



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por
Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

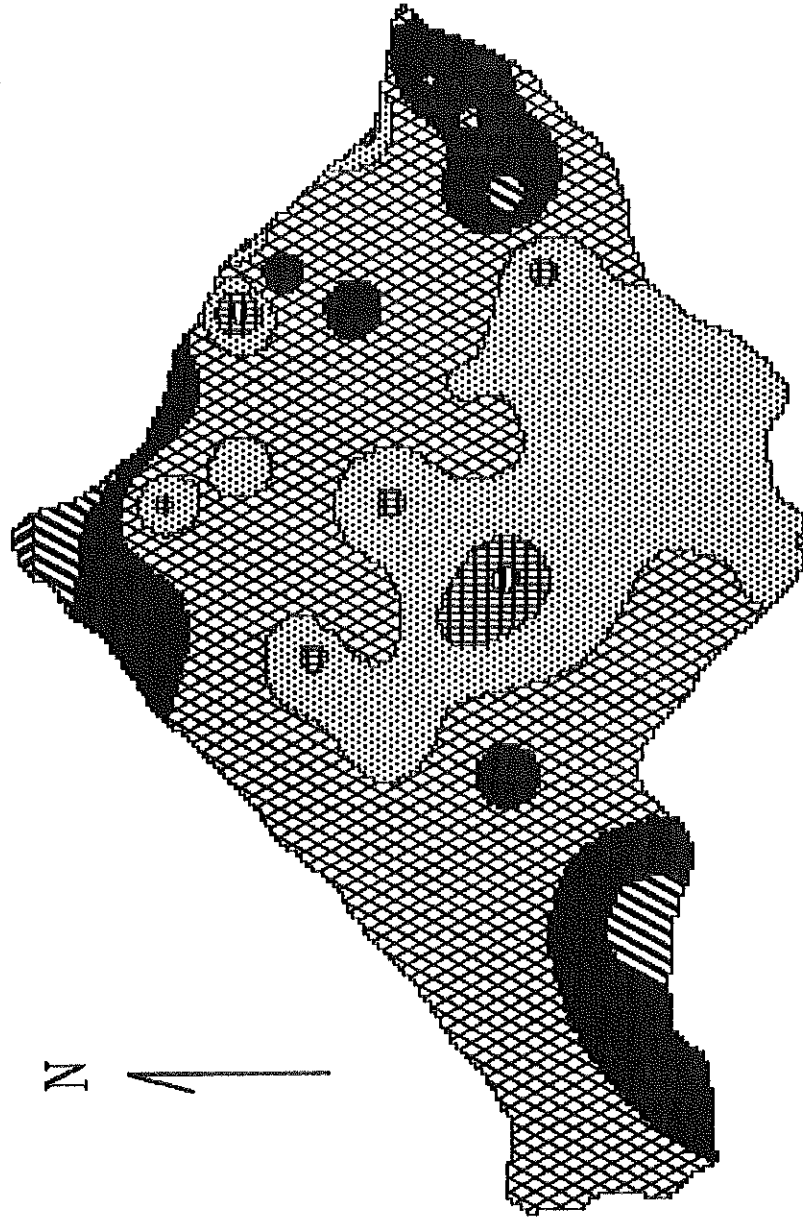
481.0 1970 - 1990

183.0

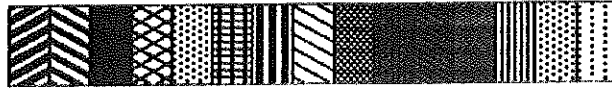
Intensidad de lluvia en 30 min, T=5 años

243.0

565.0



Intensidad en mm/hr



- 120-130
- 110-120
- 100-110
- 90-100
- 80- 90
- 70- 80
- 60- 70

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por

Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

1970 - 1990

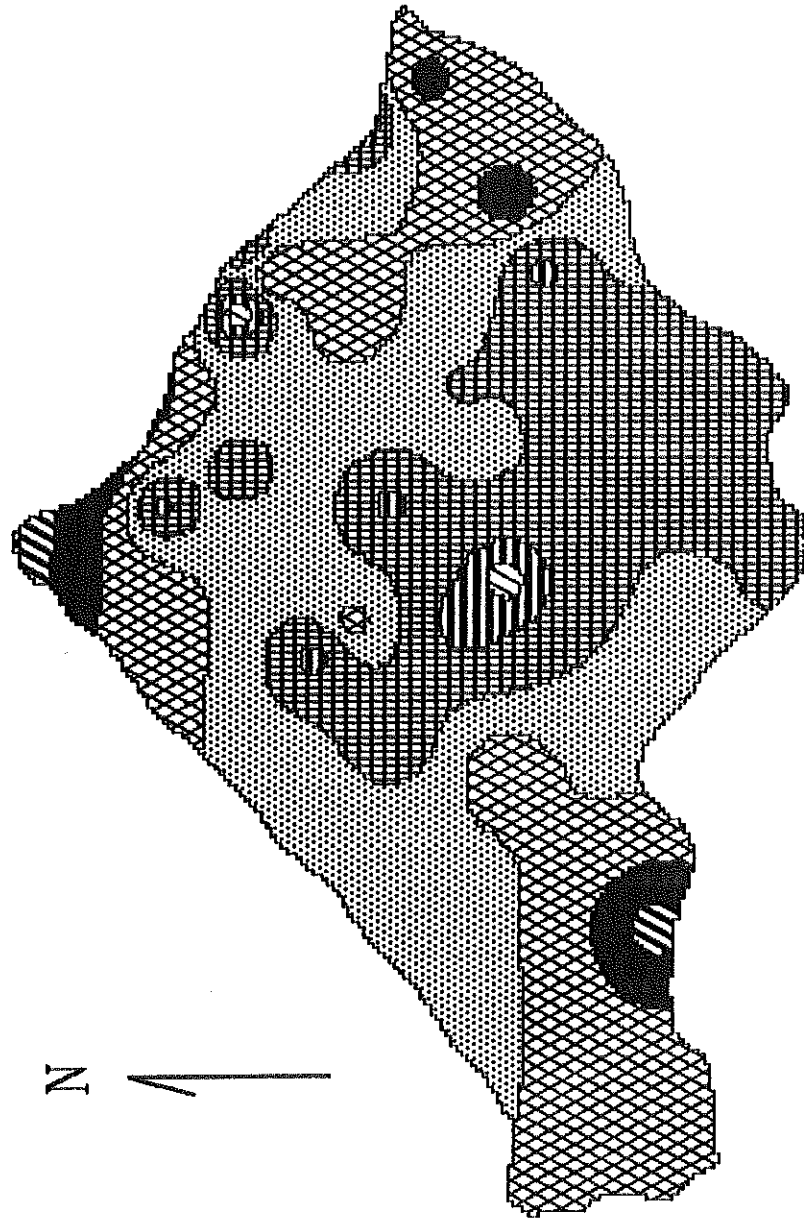
481.0

183.0

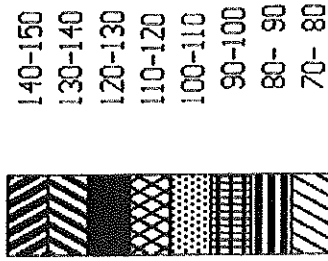
Intensidad de lluvia en 30 min, T=10 años

243.0

565.0



Intensidad en mm/hr



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por

Rafael Murillo M.

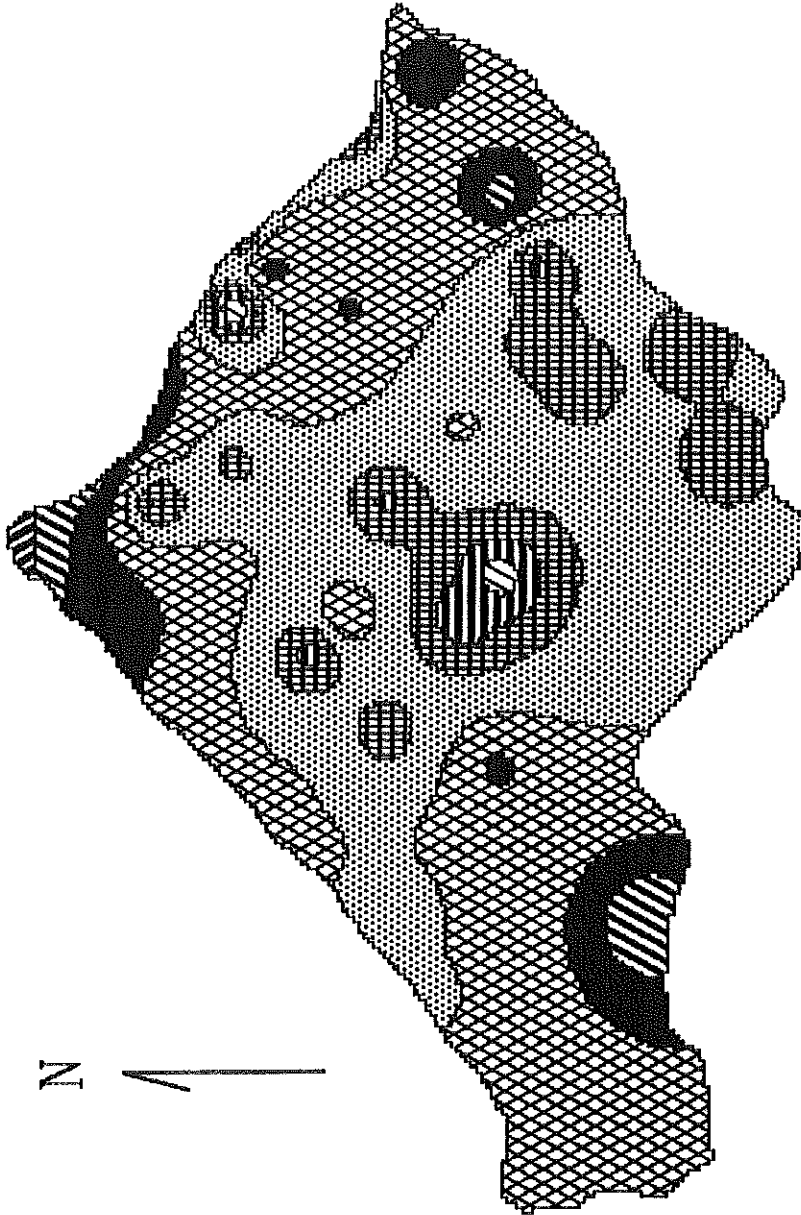
Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

183.0

243.0
565.0

Intensidad de lluvia en 30 min, T=25 años



N

Intensidad en mm/hr

- 150-160
- 140-150
- 130-140
- 120-130
- 110-120
- 100-110
- 90-100
- 80-90



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por
Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

1970 - 1990

481.0

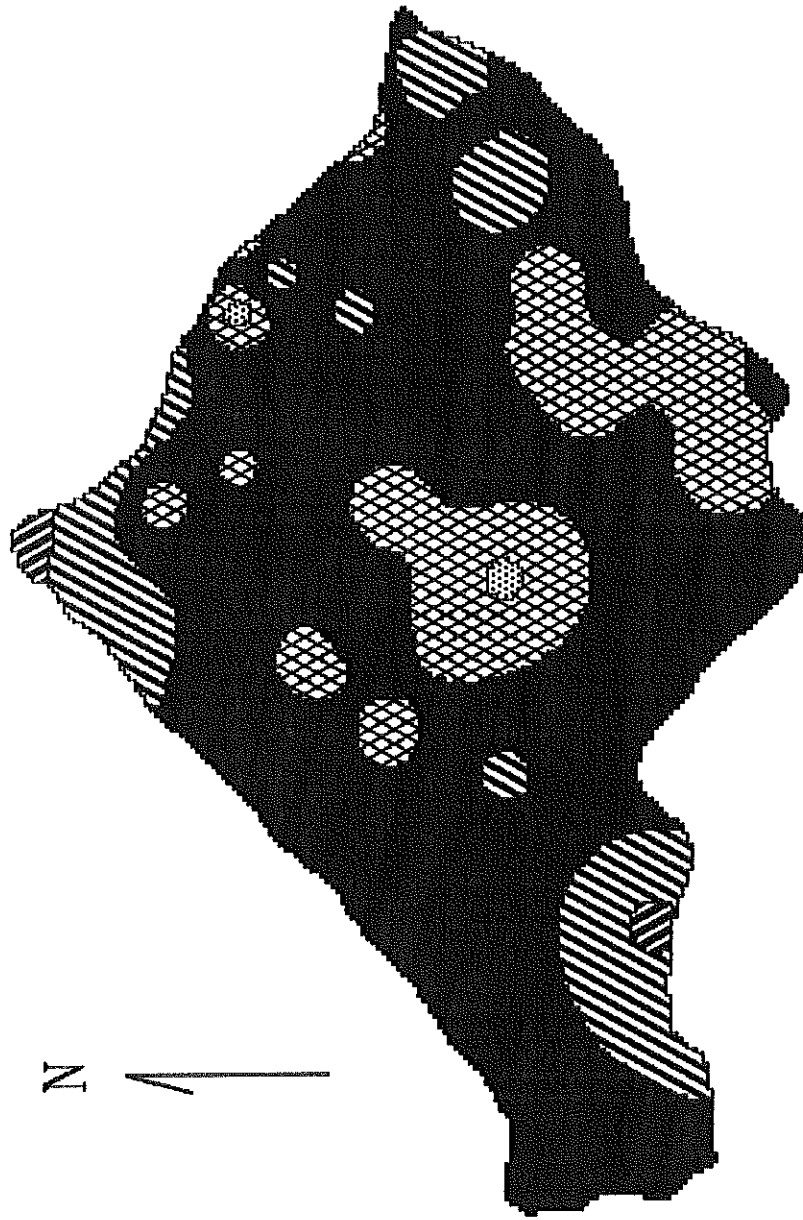
183.0

Intensidad de lluvia en 30 min, T=50 años

243.0

565.0

N



Intensidad en mm/hr



160-180
140-160
120-140
100-120
80-100

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por

Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

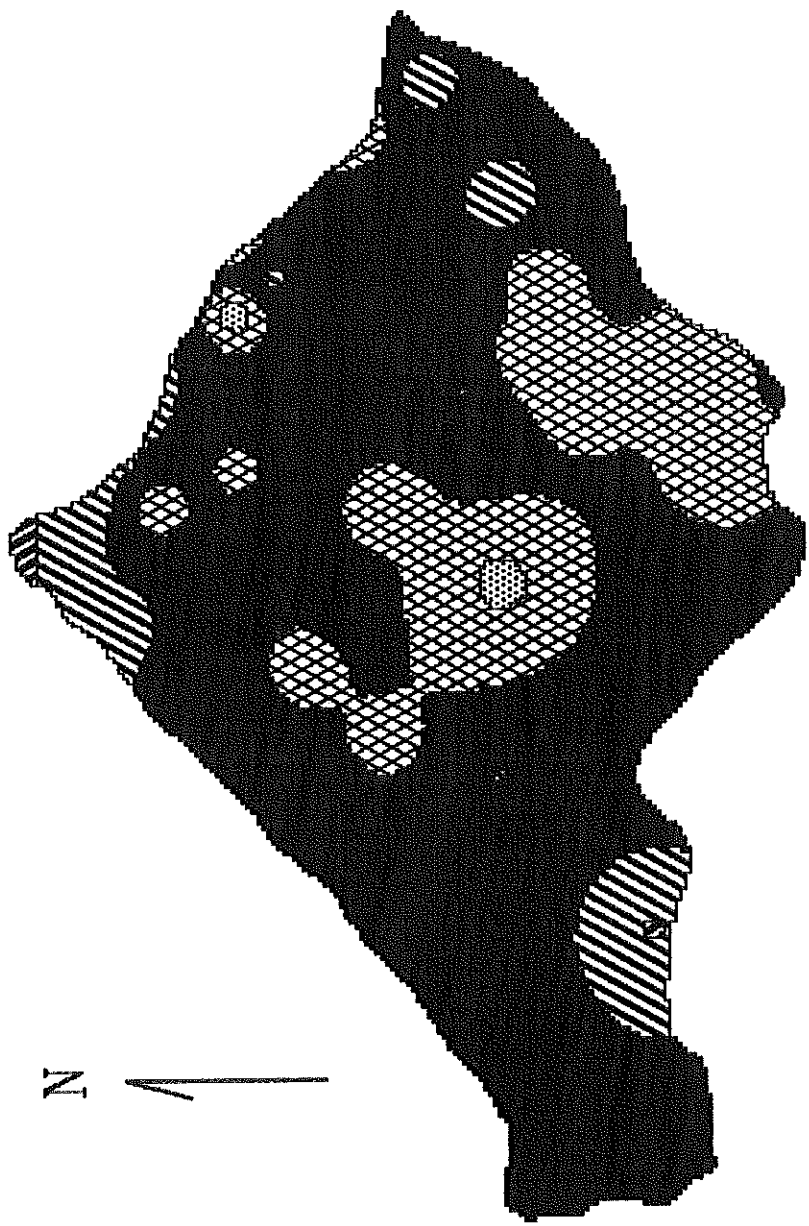
1970 - 1990

481.0

183.0

243.0
565.0

Intensidad de lluvia en 1 hora, T=5 años



Intensidad en mm/hr

80-90
70-80
60-70
50-60
40-50



Realizado por
Rafael Murillo M.

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

1970 - 1990

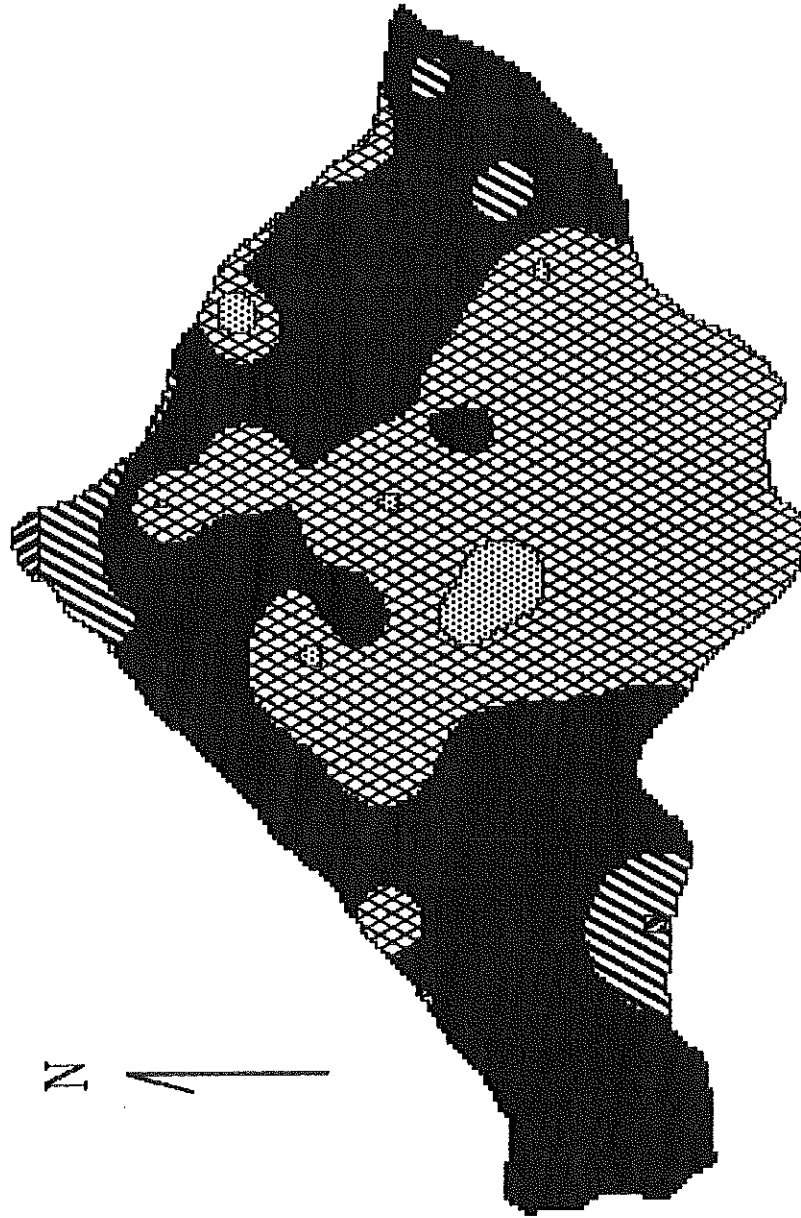
481.0

183.0

Intensidad de lluvia en 1 hora, T=10 años

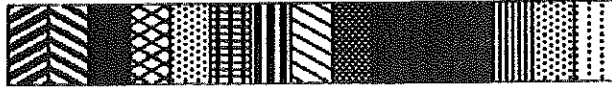
243.0

565.0



Intensidad en mm/hr

90-100
80-90
70-80
60-70
50-60



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Realizado por
Rafael Murillo M.

Periodo analizado:

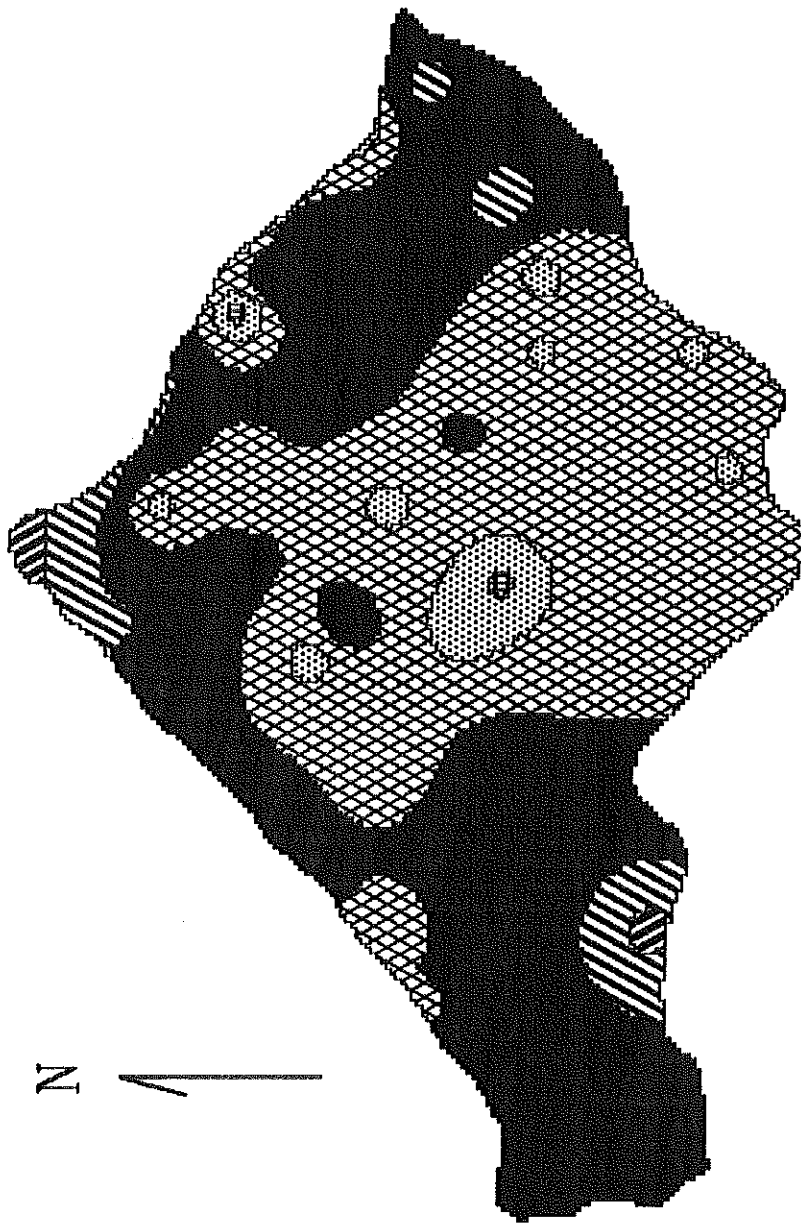
481.0 1970 - 1990

183.0

Intensidad de lluvia en 1 hora, T=25 años

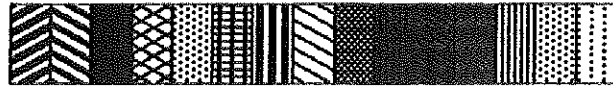
243.0

565.0



Intensidad en mm/hr

100-110
90-100
80-90
70-80
60-70
50-60



CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

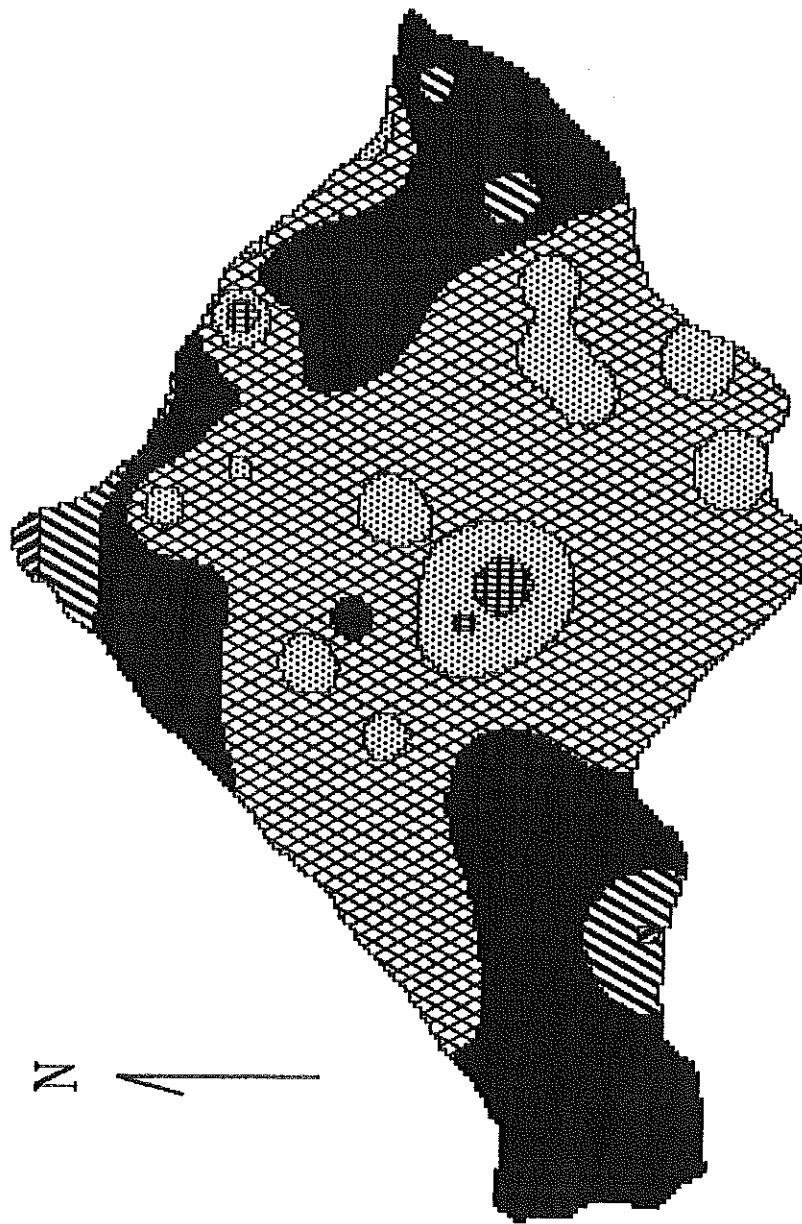
183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

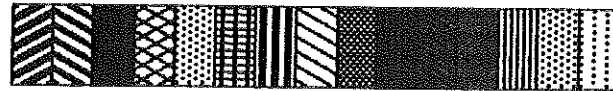
Intensidad de lluvia en 1 hora, T=50 años

243.0

565.0



Intensidad en mm/hr



110-120

100-110

90-100

80-90

70-80

60-70

CUENCA DEL RIO VIRILLA

Periodo analizado:

481.0 1970 - 1990

183.0

Realizado por
Rafael Murillo M.

